Kinderklinik III der Medizinischen Einrichtungen
der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. med. H. J. Bremer

DIE SELENZUFUHR BEI GESUNDEN KLEINKINDERN UND KINDERN MIT PHENYLKETONURIE

DISSERTATION
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
KARL-HEINZ EBERT

1982

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536505_0055

Kinderklinik III der Medizinischen Einrichtungen
der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. med. H. J. Bremer

DIE SELENZUFUHR BEI GESUNDEN KLEINKINDERN UND KINDERN MIT PHENYLKETONURIE

DISSERTATION
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
KARL-HEINZ EBERT

1982

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Brüster

Referent
gez.: Prof. Dr. Lombeck

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Vyska

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung
1.1 Selenvorkommen
1.2 Biologische Bedeutung des Selens
1.3 Selengehalt von Nahrungsmitteln
1.4 Selenzufuhr beim Erwachsenen
1.5 Selenzufuhr bei Kleinkindern

2. Material und Methodik
2.1 Art des Untersuchungsmaterials
2.2 Vorbereitung der Nahrungsproben
2.3 Probandenanalyse
2.4 Bestimmung der Selengehalte mit Hilfe der instrumentellen Neutronenaktivierungsanalyse

3. Ergebnisse
3.1 Selengehalte der Vorproben
3.2 Selengehalte einiger Nahrungsmittel
3.3 Selenzufuhr bei gesunden Kleinkindern
3.4 Selenzufuhr bei PKU-Kindern
3.5 Selenzufuhr und ihre Aufgliederung in verschiedenen Nahrungsmitteln
3.6 Vergleich der Selenzufuhr bei gesunden Kleinkindern und PKU-Kindern
3.7 Selenzufuhr mit den Mahlzeiten

4. Dis kussion
4.1 Selengehalt von Nahrungsmitteln
4.2 Selenzufuhr bei gesunden Kleinkindern und PKU-Kindern
4.3 Vergleich der Selenzufuhr bei gesunden Kleinkindern und PKU-Kindern

5. Zusammenfassung

6. Literatur

Abkürzungen

Se	Selen
TG	Trockengewicht
FG	Feuchtgewicht
ND	not decetable = nicht meßbar
n	Anzahl
d	Tag
s	Sekunde
kg	Kilogramm
µg	Mikrogramm = 10^{-9}kg
ng	Nanogramm = 10^{-12}kg
$\bar{x}$	Mittelwert
$\tilde{x}$	Medianwert
ppm	pars per million (10^{-6}g/g)

1. Einleitung

1.1 Selenvorkommen

Selen wurde 1817 von Berzelius (3) im Bleikammerschlamm bei der Schwefelsäurefabrikation entdeckt. Um die Verwandtschaft mit dem bereits 1798 entdeckten Element Tellur (lat. tellus = Erde) anzudeuten, wurde der Name Selen (griech. selene =Mond) gewählt.
Selen gehört zu den selteneren Elementen, sein Anteil an den obersten 16 km der festen Erdkruste wird auf nur 9×10^{-6} % geschätzt, damit steht Selen in der Häufigkeitsliste der Elemente an 69. Stelle zwischen Indium und Argon. Der größte Teil des Selens findet sich in schwefelhaltigen Gesteinen, besonders in Pyrit- und Chalcopyritlagern (36).

Die Selengehalte der verschiedenen Böden differieren sehr stark, so wird z.B. in den USA der durchschnittliche Gehalt mit 0,01 - 2,5 ppm angegeben (52), während in Irland z.B. bis zum 850 ppm gefunden werden (9).

1.2 Biologische Bedeutung des Selens

Seit 1957 ist Selen durch die Untersuchungen von Schwarz und Foltz als essentielles Spurenelement für Säugetiere bekannt (47).

Der Selengehalt von Pflanzen ist unterschiedlich. Wenige Pflanzenarten - z.B. einige Astragulus (Tragant) - Arten, die besonders gut auf Böden mit hohem Selengehalt wachsen, speichern Selen in vergleichsweise sehr hoher Konzentration (bis über 1000 ppm). Derartige Pflanzen gelten deshalb als Indikatoren für selenreiche Böden und können beim Weidevieh schwere, öft tödliche Selenvergiftungen verursachen (36). Diese Vergiftungserscheinungen werden in den USA

in der akuten Form als "blind stagger", in der chronischen als "alkali disease" bezeichnet (37).

Ein Selenmangel führt zu Lebernekrosen bei Ratten und Mäusen (7), zu Muskeldystrophie bei Lämmern und Kälbern (45), zu degenerativen Veränderungen der Herz- und Skelettmuskulatur, des Pankreas und der Nieren bei Mäusen (7). Es kann zu Fellveränderungen bei Säugetieren bzw. zum Verlust der Federn und zu exsudativer Diathese bei Vögeln kommen (46). Der Selenbedarf schwankt von Tierart zu Tierart. Mit Selenmangelkrankheiten ist im allgemeinen zu rechnen, wenn die Selenkonzentration im Futter 0,06 ppm unterschreitet (23).

Beim Menschen ist über den Selenbedarf und den Selenstoffwechsel noch wenig bekannt. Die chronische Selenosis in Gebieten mit hohem Selengehalt im Boden (z.B. Kolumbien, Venezuela, mittlerer Westen der USA) ist eine seit dem Mittelalter bekannte Krankheit (37). In der selenverarbeitenden Industrie sind bisher beim Menschen nur selten Vergiftungen beschrieben worden (6). Durch das Einatmen von metallischem Staub können Atembeschwerden auftreten (1). Selendioxid und Natriumselenit dringen leicht in die Haut ein und verursachen Dermatitiden (33).

1973 wurde nachgewiesen, daß ein Selenmangel bei Ratten mit einer Verminderung der Aktivität der Glutathionperoxidase der Erythrocyten (39) und der Leber (17) einhergeht. Indem die Glutathionperoxidase beim Abbau von intracellulären Peroxiden mitwirkt (2, 44, 61), schützt Selen indirekt zelluläre Membranen vor der Zerstörung. Diese Funktion erklärt die synergistische Wirkung mit dem Vitamin E, da Vitamin E bereits die Bildung der Peroxide verhindern soll (19). Ein Selenmangel kann daher bis zu einem gewissen Grad durch Vitamin E ausgeglichen werden und umgekehrt (48).

Epidemiologische Studien veranlaßt Hadjimarkose und Bonhorst dazu (16), einen Zusammenhang zwischen der Karieshäufigkeit und dem Selengehalt der Ernährung anzunehmen. Man hat auch eine indirekte Korrelation zwischen dem Selengehalt im Blut und der Krebsmortalität beim Menschen beschrieben (42, 29).

Neuere Berichte weisen daraufhin, daß Selen der Toxicität gewisser Metalle, u.a. von Cadmium und Quecksilber entgegenzuwirken scheint (41, 61).

Ob beim Menschen spezifische Selenmangelkrankheiten auftreten wie bei anderen Säugetieren, blieb lange Zeit eine offene Frage. Jüngste epidemiologische Studien in China (5) scheinen diese Frage geklärt zu haben. In Gebirgsgegenden, die sich vom Nordosten bis zum Südwesten erstrecken, wurde seit 1935 eine endemische Kardiomyopathie, genannt "Keshan Disease" beobachtet. 11% der Kinder und Frauen im gebärfähigen Alter erkrankten daran, und die Hälfte der Patienten starb. Der Selengehalt, der in diesen Gegenden wachsenden Getreidepflanzen ist sehr niedrig und folglich ist die Selenzufuhr niedrig. Durch Selensubstitution konnte das Auftreten dieser Erkrankung verhindert werden. Es ist bisher ungeklärt, ob neben dem Selenmangel noch andere Faktoren in der Nahrung, wie Protein- oder Vitamin E-Mangel, bei der Entstehung dieser Kardiomyopathie eine Rolle spielen.

1.3 Selengehalt von Nahrungsmitteln

Der Selengehalt verschiedener pflanzlicher und tierischer Produkte unterscheidet sich voneinander.

Wie aus den folgenden Tabellen hervorgeht (Tab.:1-5), zeichnen sich Fleisch und Leber sowie Getreideprodukte durch relativ hohe Selengehalte (über 0,2 µg/g) aus, währenddessen die Werte für Früchte und Gemüse nur ausnahmsweise 0,01 µg/g übersteigen.

Die Selengehalte von Milch und Eier variieren bei den verschiedenen Autoren, der Grund liegt möglicherweise in den unterschiedlichen Selengehalten der Futtermittel der Tiere. Analog zeigen Getreideprodukte regionale Unterschiede, die den verschiedenen hohen Selengehalt der Böden widerspiegeln.

Bei den Säuglingsnahrungsmitteln findet sich der gleiche Trend: wenig Selen ist in Obst und Gemüse zu finden, Fleischprodukte weisen am meisten Selen auf und der Selengehalt der Getreideprodukte liegt dazwischen. Bei einer Untersuchung durch Morris und Levander (30), zeigte sich, daß Säuglingsnahrungsmittel im Vergleich zu den Frischprodukten weniger Selen enthalten. Püriertes Fleisch für das Kind enthält 0,12 µg/g Selen, während der Selengehalt der unverarbeiteten Produkte im Durchschnitt 0,22 µg/g beträgt. Weiterhin enthalten Obst, Gemüse und Getreide weniger Selen als Frischproben der entsprechenden Nahrungsmittel. Ein Selenverlust durch längerfristiges Kochen ist bisher nur bei einigen Nahrungsmitteln beschrieben worden (18).

Da der Selengehalt von Milch sehr gering ist (ca. 0,015 µg/g FG) und die Beikost des Kleinkindes hauptsächlich aus Obst und Gemüse besteht, läßt sich die Hypothese aufstellen, daß der Mensch während der ersten Lebensmonate nur geringe Selenmengen zugeführt bekommt.

Siehe Tabelle
1: Selengehalt von Gemüse
2: Selengehalt von Obst
3: Selengehalt von Fleischprodukten
4: Selengehalt von Getreideprodukten
5: Selengehalt von Milch und Eiern
6: Selengehalt von Säuglingsnahrungsmitteln

Tabelle 1: Selengehalt von Gemüse

	Karotten	Gurken	Kartoffeln	Spinat	Tomanten	Pilze	Kohl	Bohnen (grün)	
(31) Noda et al.	0,010	0,001	0,003	0,011	0,010	-	0,001	-	µg/gTG
(30) Morris und Levander	-	-	-	-	-	1,31	-	-	" "
(67) Suzuki et al.	0,100	0,050	0,030	-	-	-	0,090	-	" "
(30) Morris und Levander	0,022	-	0,004	-	0,005	0,132	0,022	0,066	µg/gFG
(32) Oelschläger und Menke	-	-	-	-	0,006	-	-	-	" "
(40) Sakurai und Tsuchija	0,010	-	0,020	-	-	-	-	-	" "
(2) Arthur	0,006	-	0,023	-	0,001	0,060	-	0,005	" "
(56) Suchkov	0,011	-	0,028	-	-	-	-	-	" "
(57) Suzuki et al.	0,010	-	0,020	-	-	-	0,010	-	" "
(4) Chavez	0,130	-	0,090	-	0,120	-	-	-	" "
(20) Hofsommer und Bielig	0,002	-	-	0.020	-	-	0,024	0,011	" "

Tabelle 2: Selengehalt von Obst

	Apfel	Banane	Orange	Pfirsich	
(30) Morris und Levander	0,004	0,009	0,013	0,004	µg/gFG
(20) Hofsommer und Bielig	<0,002	-	-	-	" "
(32) Oelschläger und Menke	0,009	0,042	0,034	-	" "
(2) Arthur	0,004	0,004	0,015	0,004	" "
(56) Suchkov	0,001	-	-	-	" "
(31) Noda et al.	<0,001	<0,010	<0,002	-	µg/gTG

Tabelle 3: Selengehalt bei Fleischprodukten

	Schwein	Schweine-leber	Rind	Rinder-leber	Huhn	
(30) Morris und Levander	0,239	-	0,340	0,432	0,115	µg/gFG
(2) Arthur	0,297	0,357	0,060	0,500	0,160	" "
(32) Oelschläger und Menke	0,099	0,162	0,073	0,090	-	" "
(40) Sakurai und Tschija	0,160	0,360	0,080	-	-	" "
(44) Schroeder et al.	-	0,640	0,420	0,180	-	" "
(22) Kolar und Widell	0,130	0,520	0,050	0,050	-	" "
(57) Suzuki et al.	0,160	0,360	0,080	-	0,180	" "
(31) Noda et al.	0,902	-	-	-	0,180	µg/gTG
(18) Levander et al.	0,260	-	0,710	-	0,480	" "
(57) Suzuki et al.	-	1,330	0,310	-	0,660	" "

Tabelle 4: Selengehalt von Getreideprodukten

	Weißbrot	Weizen	Hafer	Eiernudeln	
(30) Morris und Levander	0,277	0,636	-	0,623	µg/g FG
(11) Ferretti u. Levander	-	-	0,581	-	" "
(2) Arthur	0,540	0,610	-	0,937	" "
(57) Suzuki et al.	0,400	0,080	-	-	" "
(31) Noda et al.	0,562	0,106	-	-	µg/g TG
(18) Levander et al.	-	0,045	0,500	0,650	" "
(57) Suzuki et al.	0,440	0,090	-	-	" "

Tabelle 5: Selengehalt von Milch und Eiern

	Milch	Eier	Eigelb	
(30) Morris und Levander	0,012	0,051	0,183	µg/g FG
(2) Arthur	0,015	0,150	0,690	" "
(40) Sakurai und Tsuchija	0,030	-	-	" "
(56) Suchkov	0,013	0,001	0,025	" "
(60) Thorn et al.	0,010	0,060	0,200	" "

Tabelle 6: Selengehalt von Säuglingsnahrungsmitteln

	Morris und Levander (30)	Arthur (2)	Thorn et al. (60)	Hofsommer u. Bielig (20)	Lombeck et al.(27)		
Fleisch	0,120	-	-	-	-	µg/g	FG
Leber	0,250	-	-	-	-	"	"
Karotten	0,002	0,002	-	0,003	-	"	"
Bohnen (grün)	0,004	0,004	-	-	-	"	"
Huhn	0,106	0,15-0,207	-	-	-	"	"
Kalb	0,130	0,057-0,045	-	-	-	"	"
Rind	0,115	0,040-0,026	-	-	-	"	"
Schwein	0,114	-	-	-	-	"	"
Pfirsich	0,003	0,002	-	-	-	"	"
Birnen	0,003	0,001	-	-	-	"	"
Getreide	-	0,19-1,36	0,08-0,41	-	-	"	"
Muttermilch	-	-	-	-	0,151-0,309	µg/g	TG
Kuhmilch	-	-	-	-	0,161-0,239	"	"
Fertigmilch	-	-	-	-	0,018-0,171	"	"

1.4 Selenzufuhr beim Erwachsenen

Bisher sind noch keine gesicherten Zahlen über die lebensnotwendige Zufuhr von Selen für den Menschen bekannt. 1980wurde vom U.S. National Research Council (12) eine tägliche Selenzufuhr von 50 - 200 µg als adäquat für den Erwachsenen vorgeschrieben. Sakurai und Tsuchija (40) schlagen eine Tagesaufnahme von 50 - 150 µg Selen pro Person vor, basierend auf der Aufnahme eines Selengehaltes von 0,1 - 0,2 µg/g Feuchtgewicht der zugeführten Nahrung. Thompson und Scott (58) nehmen einen durchschnittlichen Selengehalt von 0,04 - 0,1 mg pro kg Nahrung an.

Das "Committee on Water Quality Criteria of U.S.-NAS" errechnete eine Selenzufuhr von 200 µg/Person/Tag (12). Nach Berechnung von Schrauzer et al. (43) werden in 27 verschiedenen Ländern zwischen 160 - 290 µg Selen täglich aufgenommen.

Nach einzelnen Ernährungsstudien beträgt die durchschnittliche Selenzufuhr in den USA 62 - 169 µg (28), in Großbritannien 60 µg (60), in Canada 113 - 222 µg (59), in Venezuela 220 - 325 µg (29), in Italien 17 - 32 µg (38), in Neuseeland 24 - 70 µg/Person/Tag (15, 53). In China, in einem Endemiegebiet der Keshan Disease, wurde durch Analysen von Nahrungsproben bei 10 Frauen eine durchschnittliche Selenzufuhr von 12 µg/Tag ermittelt (5).

Die tägliche Selenzufuhr mit der Nahrung gliedert sich wie folgt auf:

Nahrung	Canada (59)	USA (62)	Japan (57)	Neuseeland (62)	Venezuela (29)	(µg
Getreide	89,6	44,5	23,9	4,3	88,2	
Fisch und Fleisch	52,3	68,6	46,3	37,7	152,6	
Eier	-	-	9,3	-	-	
Molkereiprodukte	13,7	13,5	2,3	8,4	70,4	
Gemüse und Obst	5,6	5,4	6,4	5,8	14,6	
Zucker und Fett	1,6	-	0,1	-	-	
	162,8	132,0	88,3	65,0	325,8	

Fleisch-, Fisch- und Getreideprodukte enthalten mehr als zwei Drittel der täglichen Selenzufuhr. Der niedrige Selengehalt der Kost in Neuseeland beruht auf dem niedrigen Selengehalt ihrer Getreide, woraus ein niedriger Selengehalt tierischer Produkte resultiert (62). Die Variationsbreite der Selenaufnahme in Canada mit 113-222 µg liegt vermutlich in der Verschiedenheit der Selenspiegel von Getreide, Fleisch- und Milchprodukten (59).

Nach den Angaben von Sakurai und Tsuchija (40) besteht in Japan eine direkte Korrelation zwischen dem Fischkonsum und der Selenzufuhr, da Fisch und Meeresfrüchte zu den selenreichen Nahrungsmitteln zählen (Tabelle s.o.). Möglicherweise ist jedoch die biologische Verfügbarkeit von selenhaltigen Verbindungen aus Fischen geringer als aus anderen Naturprodukten (8).

1.5 Selenzufuhr bei Kleinkindern

Die wenigen Daten, die bisher über die Selenzufuhr bei Kindern bekannt sind, beruhen weitgehend auf Umrechnungen von in der Literatur publizierten Daten und nicht auf Bestimmungen der Selengehalte der von den Kindern aufgenommenen Nahrung.
1976 wurde von Levander die folgende Tabelle vorgestellt (29):

Tabelle 7: Schätzung der Selenzufuhr bei einem Kleinkind (6Monate)

Nahrung	Menge (g)	µg Se/g	Zufuhr von Se in µg
Milch	824	0,013[1)]	11
Orangensaft	122	0,014[1)]	2
Getreide	10	0,540[2)]	5
Eigelb	17	0,437[1)]	7
Fleisch	28	0,097[1)]	3
Obstbrei	57	0,002[1)]	-
Gemüsebrei	57	0,003[1)]	-
	= 1115		28

Die Selengehalte der in der Tabelle 7 aufgeführten Nahrungsmittel beruhen bei 1) auf den Durchschnittswerten, die von Morris und Levander (30) und Arthur (2) ermittelt wurden bzw. bei 2) auf Werten, die von Arthur (2) veröffentlicht wurden.

Nach Schroeder et al. (44) nehmen Säuglinge, die mit Muttermilch ernährt werden, im Durschnitt 13 - 17 µg Selen pro Tag auf.

Zabel und Mitarbeiter (64) berechneten die Selenaufnahme von Säuglingen (0 - 5 Monate) mit der Fertignahrung, indem sie den Selengehalt der Nahrungsmittel fluorimetisch bestimmten. Die Autoren legten eine Energiezufuhr von 700 kcal zugrunde und errechneten daraus eine Selenzufuhr von 5 - 35 µg/Tag.

Nach Lombeck und Mitarbeitern (27) nimmt ein Säugling, der mit 800 ml Muttermilch ernährt wird, durchschnittlich 22,4 µg Selen zu sich, während ein nicht gestillter Säugling, der mit 800 ml Säuglingsfertigmilch ernährt wird, durchschnittlich 7,8 µg Selen aufnimmt. Lombeck und Mitarbeiter errechneten die Selenzufuhr aus den Selengehalten verschiedener Milchen, die mittels der Neutronenaktivierungsanalyse bestimmt wurden.

In Canada wurde durch Gibson und De Wolfe (14) die Selenaufnahme von 1, 3, 6 und 12 Monate alten Kleinkindern berechnet. Die Nahrungsaufnahme der Kinder wurde an Hand der Angaben der Mütter in Löffeln oder Gläschen von Ernährungswissenschaftlern im Gramm umgerechnet. Mit Hilfe publizierter Selengehalte der entsprechenden Nahrungsmittel wurde die Selenzufuhr errechnet. In den ersten sechs Lebensmonaten bleibt die Selenaufnahme aufgrund der überwiegenden Milchernährung weitgehend mit 21 - 35 µg/Tag konstant. Durch die Nahrungsumstellung am Ende des ersten Lebensjahres nimmt sie auf 48 - 56 µg/Selen/Tag zu.

Stolley et al. (54) errechneten aus dem Nahrungsverzehr von Kindern, der mittels Wägemethode bestimmt wurde, und einer von ihnen entwickelten Nährwerttabelle eine Selenzufuhr von 19 µg/Tag bei 1,0 - 1,4 Jahre alten Kindern.

Einige Autoren (30) stellen fest, daß die Kleinkindkost im Hinblick auf den Selengehalt minderwertig ist, weil Milch und Milchprodukte sowie verschiedene Fertignahrungen bezogen auf ihr Feuchtgewicht nur wenig Selen enthalten (24, 59). Die Säuglingsnahrungen haben einen Wassergehalt bis über 85 % (63). Nach der "National Academy of Sciences, Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants" (1976) enthält Wasser nur wenige Mikrogramm Selen pro Liter, so daß die Zufuhr von Selen mit dem Wasser als verschwindend gering angesehen werden kann. Es ist davon auszugehen, daß die Zufuhr von Selen mit dem Wasser weder toxisch noch ernährungsphysiologischen Einfluß auf den Organismus haben kann (13).

2. Material und Methodik

2.1 Art des Untersuchungsmaterial

Bei der vorliegenden Erhebung wurde der Versuch gemacht, die Nahrungszufuhr pro Tag bei Kleinkindern im Alter zwischen fünf und zwanzig Monaten in Nordrheinwestfalen in seiner Vielfalt zu erfassen.

Es wurden dabei von sämtlichen Nahrungsmitteln aliquote Anteile auf ihren Selengehalt untersucht, um auf diese Art eine Auskunft über die tägliche Selenaufnahme mit der zubereiteten Nahrung zu erhalten.

Gleichzeitig wurde im Rahmen von Vorproben handelsübliche Säuglingsfertignahrung auf ihren Selengehalt geprüft.

Es wurden insgesamt 260 Doppelproben in einem Zeitraum vom 14.11.1979 bis zum 31.3.80 gewonnen:

42 Vorproben mit Säuglingsfertignahrung.

96 Doppelproben mit Nahrungen an Phenylketonurie leidender Kinder.

122 Doppelproben mit Säuglingsnahrung aus dem Düsseldorfer Raum.

Die Vorproben, die aus den Beständen der Düsseldorfer Universitätsklinik entnommen waren, setzen sich zusammen aus normaler Säuglingskost (Breie, Pulver, Getränke) und Diätwaren in überwiegend pulvriger Form. Aliquote Teile der jeweiligen erhitzten oder gekochten Nahrungsmittel der gesunden Probanden wurde in den einzelnen Haushalten nach genauem Wägen auf einer Haushaltsküchenwaage ($\pm$ 2 g) in einem Untersuchungszeitraum von 24 Stunden gewonnen.

Die Nahrungen der diätetisch behandelten Kinder wurden nach den entsprechenden Kostplänen zubereitet.

2.2 Vorbereitung der Nahrungsproben

Vor jeder Nahrungsaufnahme des Probanden wurde ein aliquoter Anteil zur Materialgewinnung in ein spurenelementfreies Plastikgefäß eingefüllt.

Durch Wägen der Nahrungsmittel vor der Nahrungsaufnahme und durch Wägen der vom Kind nicht gegessenen Menge wurde die tatsächlich vom Kind aufgenommene Nahrungsmenge festgestellt.

Mittels eines gereinigten Plastikspatels wurden die Proben aus dem Plastikgefäß in Quarzröhrchen überführt. Diese Probengefäße waren vorher ebenfalls mit Salpetersäure und pentadestilliertem Wasser gewaschen worden, ihr Eigengewicht bestimmt, luftdicht verschlossen und mit einer Probenummer versehen worden.

Von der festen, breiigen Nahrung wurde ca. 1,0 g, von der pulvrigen Nahrung ca. 0,2 g eingewogen. Flüssigkeiten wurden mit Hilfe einer 1 ml Eppendorfpipette in die Quarzgläser eingefüllt. Es wurden Doppelproben erstellt.

Zur Feststellung des Feuchtgewichtes wurden die Quarzgläser gewogen, danach staubdicht mit Parafilm verschlossen.

Alle festen bzw. pulverigen Nahrungsmittel wurden mit Hilfe der Gefriertrocknung während einer 48 stündigen Trocknungsperiode bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Alle Flüssigkeiten bzw. Produkte mit überwiegend flüssigem Anteil wurden bei 98° C über 48 Stunden lang getrocknet. Nach 30 minütigem Abkühlen wurden die Proben mit Parafilm verschlossen. Nach acht Stunden wurde das Trockengewicht bestimmt. Anschließend wurden die Quarzgläser zugeschmolzen.

2.3 Probandenanalyse

a) Vorproben

Von den 42 verschiedenen Säuglingsfertignahrungsprodukten gehörten 23 Artikel zur handelsüblichen Säuglingskost und 19 zu Diätnahrungsmitteln.

Es lassen sich bei der normalen Säuglingskost die Kategorien Pulver, Breie und Getränke unterscheiden.

Die diätetischen Nahrungsmittel gliedern sich in Flüssigkeiten, pulverisierte Proben und feste Produkte.

Die genaue Auflistung ist aus Tabelle 8 ersichtlich.

b) Hauptproben

Das Probandenkollektiv setzt sich aus einer Gruppe von 20 gesunden Kleinkindern aus dem Raum Düsseldorf zusammen, die Vergleichsgruppe besteht aus neun Patienten, die wegen einer angeborenen Stoffwechselerkrankung,

Phenylketonurie, in der Düsseldorfer Universitäts-kinderklinik III diätetisch behandelt werden.

Von den gesunden Kindern sind 15 männlich und 5 weiblich. Bei den gesunden Kindern betrug das Durchschnittsalter $\tilde{x}$ = 9 Monate (Altersverteilung 5 - 20 Monate).

Von den diätetisch behandelten Kindern gehören fünf dem männlichen, vier dem weiblichen Geschlecht an. Das Durchschnittsalter betrug $\tilde{x}$ = 11 Monate (Altersverteilung 3 - 18 Monate).

Das Körpergewicht lag bei den gesunden Kindern durchschnittlich bei $\bar{x}$ = 9,7 kg, bei den PKU-Patienten bei $\bar{x}$=8,8 kg, es variierte bei den gesunden Kleinkindern zwischen 6,5 und 12,0 kg, bei den PKU-Kindern zwischen 5,7 und 11,3 kg.

Die vollständigen Daten bezüglich Geschlechterverteilung, Alter und Gewicht sind aus Tabelle 9 ersichtlich.

Tabelle 8:

Zusammensetzung der untersuchten 42 Doppelproben der Säuglingsfertignahrung

(A) Säuglingsfertignahrung (n = 23)

I. Breie		II. Pulver	
Aprikose mit Banane u.Honig	1)	Milch-Fertigbrei mit Banane	4)
Banane, Mandarine u. Honig	1)	Milch-Fertigbrei mit Schoko	4)
Pfirsich mit Honig	2)	Milch-Fertigbrei mit Grieß	4)
Früchte-Brei	3)		
Karotten	1)		
Karotten mit Butter	2)		
Salatbrei	2)		
Hühnchen m.Reis u. Gemüse	2)		
Kalbfleisch m.Gemüse u.Reis	2)		
Kalbfleisch-Menü	2)		
Kalbfleisch-Zubereitung	2)		
Rindfleisch	1)		
Rindfleisch m.Tomaten u.Reis	2)		

III. Getränke	
Apfelsaft	5)
Birnen-Orangen-Trank	2)
Hagebutten-Sandorn-Trank	2)
Roter-Früchte-Trank	2)
Trink-Aprikose	1)
Trink-Pfirsich	1)
Karottentrank	2)

Hersteller: 1) Alete^{R}, 2) HIPP^{R}, 3)Humana^{R}, 4) Milupa^{R}, 5) Tersteegen^{R}.

Fortsetzung Tabelle 8:

(B) Diätetische Nahrungsmittel (n = 19)

I. Feste Produkte

Aglutella-Diät-Bandnudeln	2)	
Aglutella-Diät-Makkaroni	2)	

II. Pulver

Albumaid - XP	4)	Rinderserumhydrolysat
AS-Diät	1)	Casein-Hydrolysat
P-AM	4)	Phenylalaninfreie Aminosäuremischung
PKU - 80	1)	Casein-Hydrolysat
ILV - AM	4)	Ile-Leu-Val- freie Aminosäurenmischung
K - AM	4)	Komplette Aminosäurenmischung
Biosorbin - MCT	7)	Aufbaupräparat mit mehrfach ungesättigten Fettsäuren
Malto-Dextrin	4)	Glucose-Saccharidgemisch
Edarene	8)	hochkalorische Diätnahrung
MB - F	4)	milchfreie Säuglingskonzentratnahrung
Nutramigen	5)	Casein-Hydrolysat
Pregestimil	5)	Casein-Hydrolysat und MCT
Minoform	6)	Trockenmagermilch
Heilnahrung	3)	Magermilch-Obst-Diätpulver
Survimed-Ochsenschwanzsuppe	2)	
Survimed-Tomatensuppe	2)	

III. Flüssige Proben

Dextro-Neonat	4)	flüssige Oligo-Saccharid-Gemisch

Hersteller: 1) Aponti^{R}, 2) Fresenius^{R}, 3) Humana^{R}, 4) Maizena^{R},
5) Mead-Johnson^{R}, 6) Nestle^{R}, 7) Pfrimmer^{R}, 8) Wander

Tabelle 9:
Probandenübersicht: Gesunde Kleinkinder - PKU-Kinder

(A) Gesunde Kleinkinder

Name	Geschl.	Alter (Mon.)	Gewicht (kg)
A.T.	m	6	8,5
G.M.	m	5	8,0
H.S.	m	8	7,0
W.I.	w	9	9,4
B.T.	m	15	12,0
B.C.	m	15	12,0
M.M.	w	18	11,0
B.M.	m	5	7,0
F.M.	m	13	12,0
W.S.	m	9	10,2
S.E.	m	20	11,0
T.D.	m	6	8,1
G.P.	m	8	10,2
K.S.	m	20	12,0
T.B.	m	12	9,3
A.S.	w	7	8,8
S.S.	w	13	10,0
W.J.	m	6	6,5
U.K.	w	7	8,6
A.T.	m	16	12,0

(B) Phenylketonurie-Kinder

Name	Geschl.	Alter (Mon.)	Gewicht (kg)
C.D.	m	10	10,0
H.M.	m	10	9,7
K.J.	w	3	6,0
K.S.	m	11	7,9
S.K.	w	5	5,7
H.J.	m	13	9,6
H.Y.	w	18	10,0
H.A.	w	11	11,3
K.S.	m	12	11,0

Von den neun diätetisch behandelten Kindern erhielten je drei als Eiweißersatz eine Aminosäurenmischung ohne Phenylalanin (P - AM ^{n}) oder eins der beiden Proteinhydrolysate ohne Phenylalanin (Aponti^{R} - PKU-Diät; Albumaid XP^{R}).

Alle PKU-Patienten erhielten 60 - 80% ihres Eiweißes in Form von Aminosäuregemischen oder Proteinhydrolysaten. Die Zufuhr des phenylalaninfreien Eiweißersatzes betrug zwischen 15 und 50 g pro Tag; im Durchschnitt $\tilde{x}$ = 30 g (3,4% von der Gesamtnahrungszufuhr).

Die Zufuhr an natürlichen Proteinen beschränkte sich auf das, was im Obst, Gemüse und in der Milch enthalten ist. Fisch, Fleisch, Fleischprodukte und Eier fehlten in den Diäten ebenso wie Vollgetreide. Es wurden als Kohlenhydrate bevorzugt Mono-, Di- und Oligosaccharide gegeben, bei Kleinkindern wird eiweißarmes Brot verordnet. Mineralien, Vitamine und Spurenelemente waren den Proteinhydrolysaten und Aminosäuregemischen beigemengt.

Milch, Muttermilch oder Säuglingsfertigmilch ist die ausschließliche Nahrung des Säuglings in den ersten Lebensmonaten. Gegen Ende des vierten bis fünften Monats werden die Milchmahlzeiten successive durch Obst- oder Gemüsebreie ersetzt. Gegen Ende des ersten Lebensjahres bekommt das Kind in der Regel nur noch eine Flaschenmahlzeit am Tag. Die Mittagsmahlzeit ist ein grobgehacktes Kleinkindermenü. Die tägliche Nahrungszufuhr liegt in der Regel zwischen 800 und 1000 g. Sie liegt nur dann wesentlich höher, wenn viele Säfte oder Tee getrunken werden.

Die Gruppe der gesunden Kleinkinder nimmt durchschnittlich $\tilde{x}$ = 915 g Nahrung pro Tag zu sich.

Die Gruppe der PKU-Patienten nimmt durchschnittlich $\tilde{x}$ = 874 g Nahrung pro Tag zu sich.

Teilt man die zugeführte Nahrung in Fertignahrungsprodukte für Kleinkinder und in Individualnahrung auf, die weitgehend aus selbst zubereiteten Speisen bestand, so beträgt der Anteil der Fertignahrungsprodukte durchschnittlich $\tilde{x}$ = 67% bei den gesunden Kindern (610 g) und 47 % bei der Vergleichsgruppe der diätetisch behandelten Kinder (408 g), außerdem erhielt jedes PKU-Kind durchschnittlich $\tilde{x}$ = 30 g eines Diätetikums.

Siehe Tabelle 10: Nahrungsaufnahme bei gesunden Kleinkindern und bei PKU-Kindern-Fertigprodukten und Diätetika.

Anhand der Kostpläne der einzelnen Kinder lassen sich die vielfältigen Nahrungsmittel in folgende Gruppen aufteilen:

Diätetika, Milch, Getränke, Wasser, Obst, Gemüse, Nahrungsmittel mit Fleisch oder Wurst, Getreideprodukte, Milchbreie, Milchprodukte, Fette und Öle und Sonstiges.

Der Anteil der verschiedenen Nahrungsmittel an der Gesamtnahrungsaufnahme wurde in folgenden Tabellen zusammengefaßt:

Tabelle 10: Nahrungsaufnahme bei gesunden Kleinkindern und bei PKU-Kindern: Fertigprodukte und Diätetika (g)

(A) Gesunde Kleinkinder

Name	Gesamt-zufuhr	Fertignahrung
A.T.	824,5	209
G.M.	860	860
H.S.	850	850
W.I.	1012	1002
B.T.	1085	210
B.C.	890	430
M.M.	945	200
B.M.	846	846
F.M.	875	620
W.S.	1050	440
S.E.	1270	470
T.D.	1020	600
G.P.	930	930
K.S.	837	208
T.B.	1050	940
A.S.	900	760
S.S.	1120	680
W.J.	820	185
U.R.	880	880
A.T.	1224	319
$\bar{x}$ =	915	610

(B) PKU-Kinder

Name	Gesamt-zufuhr	Fertig-nahrung	Diätetika
C.D.	910	490	40
H.M.	894	505	45
K.J.	825	255	50
K.S.	870	560	45
S.K.	815	230	30
H.J.	1088	408	30
H.Y.	1548	438	25
H.A.	874	208	15
K.S.	796	260	30
	874	408	30

Tabelle 11: Zufuhr von verschiedenen Nahrungsmitteln bei gesunden Kleinkindern (g)

Nahrungsmittel / Name	A.T.	G.M.	H.S.	W.I.	B.T.	B.C.	M.M.	B.K.	F.M.	W.S.
Milch	210	470	420	210	320	200	480	846	250	240
Getränke	-	-	-	186	-	250	-	-	125	100
Obst	220	-	250	234	510	-	195	-	300	80
Gemüse	-	180	180	-	-	200	-	-	-	200
Fleisch	185	-	-	208	222	-	270	-	180	-
Getreide	-	-	-	10	25	20	-	-	20	-
Milchbrei	210	210	-	164	-	180	-	-	-	220
Milchprodukte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	210
Fette	-	-	-	-	8	10	-	-	-	-
Sonstiges	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-

	S.E.	T.D.	G.P.	K.S.	T.B.	A.S.	S.S.	W.J.	U.R.	A.T.	$\tilde{x}$
Milch	605	400	250	-	250	230	420	480	425	240	320
Getränke	-	250	130	486	-	-	180	-	-	395	186
Obst	155	-	120	60	250	175	40	185	50	23	175
Gemüse	50	170	-	-	-	-	180	155	-	169	180
Fleisch	305	-	200	208	250	180	40	-	-	105	200
Getreide	6	-	-	83	50	-	30	-	-	88	25
Milchbrei	-	200	230	-	250	175	89	-	405	214	200
Milchprod.	30	-	-	-	-	140	130	-	-	-	135
Fette	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Sonstiges	119	-	-	-	-	-	20	-	-	-	30

Tabelle 12: Zufuhr von verschiedenen Nahrungsmitteln bei PKU-Kindern

Nahrungsmittel \ Name	O.D.	H.M.	K.J.	K.S.	S.K.	H.J.	H.Y.	H.A.	K.S.	$\tilde{x}$
Diät	40	45	50	45	50	30	25	15	30	3
Milch	20	50	85	50	80	-	-	50	25	5
Getränke	100	130	100	345	-	330	490	330	200	26
Wasser	290	-	390	-	415	-	-	-	-	29
Obst	200	410	-	180	100	230	300	75	75	19
Gemüse	170	190	140	230	100	340	460	340	340	23
Fleisch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Getreide	-	25	-	-	-	70	138	48	60	6
Milchbreie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Milchprodukte	30	-	-	-	-	-	-	-	25	2
Fette	25	10	20	10	20	20	50	16	26	2
Sonstiges	35	34	40	10	40	60	85	-	15	3

Die Gliederung der Kostpläne der gesunden Kleinkinder lassen eine Unterteilung der Nahrungsaufnahme in Mahlzeiten zu, während diese bei den PKU-Kindern aufgrund der Verteilung ihres Diätetikums über den ganzen Tag nicht möglich war. Die Eiweißhydrolysate bzw. die Aminosäuremischungen werden am Morgen zusammen mit Zucker und Säften als Vorspeise angerichtet. Diese wird nicht als Einzelportion gereicht, sondern die Kinder essen zu den Mahlzeiten stets einige Löffel davon.

Bei den gesunden Kleinkindern lassen sich sechs Mahlzeiten unterscheiden:

1. Frühstück
2. Frühstück
   Mittagsmenü
   Nachmittagsmahlzeit
   Abendessen
   Nachtmahl

Frühstück, Mittag- und Abendessen wurde von allen Kindern eingenommen. 50 % der Kinder aßen ein 2. Frühstück, am Nachmittag nahmen nur zwei Kinder keine Nahrung auf, während eine Nachtmahlzeit insgesamt nur von 3 Kindern eingenommen wurde.

2.4 Bestimmung der Selengehalte mit Hilfe der instrumentellen Neutronenaktivierungsanalyse

Das Prinzip der Aktivierungsanalyse besteht darin, daß stabile Isotope durch Beschuß mit Neutronen in entsprechende Radioisotope umgewandelt werden. Diese zerfallen in einem oder mehreren Schritten mit charakteristischen Halbwertzeiten unter Emission von meistens ß- und y-Strahlen in stabile Isotope. Die Energie der y-Strahlung wird gemessen, weil sie monoenergetisch und daher mit energetisch gut auflösend Ge (Li) - Detektoren in den meisten Fällen interferenzfrei bestimmbar sind. Daraus wird die Art und Menge des Elements bestimmt. Selen wird mit Hilfe seines Radioisotops Se - 75 nachgewiesen, da aus Se - 74 durch einen (n, y) Prozeß entsteht.

In der vorliegenden Untersuchung erfolgte die Aktivierung der Nahrungsproben durch thermische Neutronen mit einer Energie von $\leq 0{,}1$ eV im Kernreaktor Merlin der Kernforschungsanlagen Jülich GmbH bei einer Neutronenflußdichte von ca. $7 \cdot 10^{13} n/cm^2.s$ und einer Bestrahlungszeit von 48 Stunden. Da die Neutronenflußdichte im Reaktor schwankt, wurde zu ihrer Bestimmung mit jeder Probe ein Monitor bestrahlt. Der Monitor besteht aus Eisendraht (1,9 - 4 mg), der zusammen mit dem Quarzglas, das die Probe enthält, in einem Aluminiumbehälter eingeschweißt und bestrahlt wird.

Nach Abklingen der kurzlebigen Radioisotope aus der Probe und dem Quarzglas wurden die Gläser nach 20 bis 40 Tagen geöffnet und die bestrahlten Proben zur Messung in unbestrahlte gewogene Gläser umgefüllt. Nach ungefähr 40 bis 80 Tagen wurden die Gamma-Spektren mit Hilfe eines LG (Li) - Bohrlochdetektors aufgenommen. Die Aufnahmezeit betrug 3000 s.

Dem Detektor war ein Vielkanal-Impulshöhenanalysator an-

geschlossen, der die vom Detektor kommenden Impulse nach ihrer Höhe sortierte und alle Impulse gleicher Höhe in denselben Kanal einordnete und speicherte. Jedem Kanal entspricht eine bestimmte Energie. Man erhält so für jede Probe ein Gamma-Spektrum, welches man auf dem Bildschirm eines Oszillographen sehen und auf Magnetbänder übertragen kann. Die Spurenelementkonzentration wurde aus den gespeicherten Gamma-Spektren vom IBM Computer 370/158 (21)berechnet. Nach einem Standardprogramm wird ein freistehender Peak innerhalb eines Gamma-Spektrums aufgesucht, die Impulse in dem Peakbereich integriert und damit die Bruttoimpulsrate bestimmt. Zieht man jetzt die Untergrundimpulse ab, so erhält man die Nettoimpulsrate. Die Zuordnung des Peaks zum zugehörigen Element erfolgt mit Hilfe eingespeicherter Daten der Elementarspektren. Die Impulsmenge des Selens wurde überwiegend durch Integration des Peaks bei 265 KeV ermittelt. Bei Überlagerung zweier Peaks kann man bei den meisten Radioisotopen auf einen 2. oder 3. Peak des zu analysierenden Radioisotops ausweichen. Folgende Daten wurden zur Berechnung der Selenkonzentration gespeichert:
Menge, Nettoimpulsmenge, Neutronenfluß, Bestrahlungs-, Abkling- und Aufnahmezeit. Die Selenkonzentration wurde nach folgender Formel berechnet:

$$c = \frac{K \cdot I(p) \cdot e^{\lambda t_A} \cdot AP}{G(P) \cdot I(P) \cdot \phi \cdot (1 - e^{\lambda t_B}) \cdot BP}$$

P = Probe
s = Standard
t_B = Bestrahlungszeit
t_A = Abklingzeit
τ = Sammelzeit
I = Anzahl der Nettoimpulse
G = Gewicht
ϕ = Neutronenfluß
λ = $\frac{\text{Log. nat. 2}}{T}$
T = Halbwertszeit

$$K = \frac{G(S) \cdot \tau(S) \cdot \phi(S) \cdot (1 - e^{\lambda t_{BS}})}{T(S) \cdot e^{\lambda t_{AS}}}$$

Neben der Selenkonzentration ließen sich ohne weiteren Trennungsgang andere Spurenelemente bestimmen, wie Zink, Eisen, Rubidium, Kobalt, Cäsium.

Die Kontrolle der Meßwerte erfolgt mit einem Standard des NBS (Nationale Bureau of Standards) aus Ochsenleber (Bovine Liver, NBS 1577). Der relative Analysenfehler für Selen betrug weniger als 10%.

3. Ergebnisse

3.1. Selengehalte der Vorproben

Die untersuchten Säuglingsnahrungen, die von verschiedenen Herstellern in fertiger Zubereitung auf dem Lebensmittelmarkt angeboten werden, enthalten in der Breiform zwischen 1,9 - 47,2 ng Selen/g FG.

Obstbreie 1,9 - 41, ng Se/g FG ($\tilde{x}$ = 2,7 ng Se/g FG), Gemüsebreie 2,3 - 2,6 ng Se/g FG ($\tilde{x}$ = 2,6 ng Se/g FG) und fleischartige Breie 6,5 - 47,2 ng Se/g FG ($\tilde{x}$ = 20,8 ng Se/g FG).

Die in pulveriger Form angebotenen Milchbreie mit Zusätzen von Obst, Grieß oder Schokolade enthalten zwischen 100,1 - 492,5 ng Se/g FG Pulver.

(A) Säuglingsfertignahrung (n = 2)

I. Breie

Inhalt		Selen in ng/gFG
Aprikosen mit Banane und Honig	1)	2,7
Banane, Mandarine, Honig	1)	4,1
Pfirsich mit Honig	2)	1,9
Früchte-Brei	3)	65,1*
Karotten	1)	2,3
Karotten in Butter	2)	2,6
Salatbrei	2)	2,6
Hühnchen in Reis und Gemüse	2)	47,2
Kalbfleisch in Gemüse und Reis	2)	34,
Kalbfleischmenü	2)	14,3
Kalbfleischzuber.	2)	23
Rindfleisch	1)	6,5
Rindfleisch in Tomaten und Reis	2)	[illegible]

II. Pulver

Inhalt		Selen in ng/gFG
Milch-Fertigbrei mit Banane	4)	100,1
Milch-Fertigbrei mit Schoko	4)	454,8
Milch-Fertigbrei mit Grieß	4)	492,5

III. Getränke

Inhalt		Selen in ng/g FG
Apfelsaft	5)	2,1
Birne-Orange-Trank	2)	2,7
Hagebutten-Sanddorn-trank	2)	1,8
Roter Früchte-Trank	2)	1,3
Trink-Aprikose	1)	3,2
Trink-Pfirsich	1)	3
Karottentrank	2)	1,2

Hersteller:
1) Alete®, 2) HIPP®, 3) Humana®, 4) Milupa®, 5) Tersteegen®
* Das Analysenergebnis wurde kontrolliert, da eine Probenverwechselung nicht ausgeschlossen werden kann, wurde der Wert nicht berücksichtigt.

Die Diätetika, die vorwiegend als Pulver angeboten werden, haben einen Selengehalt von 0,3 - 346,9 ng/g.

Der Selengehalt der Proteinhydrolysate liegt zwischen 25,9 ng/g und 346,9 ng/g, der Selengehalt der Aminosäuremischung zwischen 17,3 ng/g und 27,4 ng/g.

6. Diätetische Nahrungsmittel (n = 19)

I. Feste Produkte

Inhalt		Selen in ng/g FG
Aglutella-Diät-Bandnudeln	2)	22,2
Aglutella-Diät-Makkaroni	2)	4,6

II. Pulver

Inhalt		Selen in ng/g FG
Albumaln - HP	4)	25,9
AL-Diät	1)	346,9
I-AM	4)	27,4
IKU-80-Diät	1)	194,4
ILW-AM	4)	17,3
K-AM	4)	24,7
[illegible]-MCT	7)	122,4
Malto-Dextrin	4)	8,7
[illegible]aerene	8)	2,0
MB-F	4)	30,7
[illegible]	5)	218,0
[illegible]	5)	[illegible]
Minoform	6)	[illegible]
Heilnahrung	3)	[illegible]
Survimed-Ochsenschwanz-suppe	2)	[illegible]
Survimed-Tomatensuppe	2)	[illegible]

III. Flüssige Ergeben

Dextro-Neonat	4)	0,3

Hersteller:
1) Aponti^{R}, 2) Fresenius^{R}, 3) Humana^{R}, 4) Maizena^{R},
5) Mead-Johnson, 6) Nestle, 7) Pfrimmer, 8) Wander

3.2 Selengehalt einzelner Nahrungsmittel

Anhand der untersuchten Proben dieser Arbeit ergeben sich folgende Selengehalte verschiedener in Düsseldorf erhältlicher Nahrungsmittel (Tabelle 13, 15):

Dabei wurden die Nahrungsmittel in Fertigprodukte und in nicht kleinkinderspezifische Nahrungsmittel aufgeteilt.

Tabelle 13: Selengehalt von Gemüse und Obst (ng/g FG) (nicht kleinkindspezifische Nahrungsmittel)

Karotten	Gurke	Kartoffeln	Apfel	Aprikosen	Orange	Banane
1,4	2,9	5,5	4,9	0,8	1,4	7,0
5,9	2,0	16,4	3,2	0,3	1,5	4,3
3,7		40,0	1,1	2,9		6,1
1,7		16,2	6,0	5,4		164,4
2,4		20,2	4,9	3,4		31,8
6,6		28,2				32,7
3,1		3,2				34,4
2,1		15,2				14,7
[illegible]						5,1
1,5						31,8
3,2						87,3
$\tilde{x}$=2,9	2,5	16,3	4,9	2,9	1,4	31,8

Das untersuchte Gemüse enthält zwischen 1,5 - 40,0 ng Se/g Nahrung. Der Selengehalt der Karotten und Gurkenproben liegt durchschnittlich unter 3 ng/g, während der der Kartoffel bei 16,3 ng/g liegt.

Die untersuchten Obstsorten Apfel, Orange und Aprikose sind sich in ihrem Selengehalt ähnlich (0,3 - 6,0 ng; x = 3,0 ng). Der Selengehalt der 11 Bananenproben ist unterschiedlich: 5 enthalten 4,3 - 14,7 ng Se/g FG, 4 Proben 31,8 - 34,7 ng Se/g FG, 2 Proben 87,3 bzw. 164,4 ng Se/g FG. Ob diese Bananen in verschiedenen Ursprungsländern gereift sind, oder ob es sich um unterschiedliche selenanreichernde Sorten handelt, ist nicht zu klären.

Bei der Zusammenstellung der untersuchten spezifischen Säuglingsnahrungsmittel zeigt sich folgendes:

Die Gläschen mit Obst und Gemüse sind ebenfalls als selenarm zu bezeichnen. Obst enthält im Durchschnitt -,1 ng Se/g F Gemüse 2,5 ng Se/g. In Vergleich zu den Selengehalten von zu Hause zubereiteten Nahrungsmitteln (Tabelle 13) liegen die Werte im Bereich der selenarmen Karotten oder Äpfel. Die Obstsäfte haben auch nur einen Selengehalt von durchschnittlich 2,6 ng/g FG.

Der Fencheltee hat von den untersuchten Proben den geringsten Selengehalt mit durchschnittlich 1,7 ng/g FG.

Die Kuhmilch enthält durchschnittlich 21,5 ng Se/g FG, die Fertigmilch 17,7 ng Se/g FG.

Säuglingsnahrung mit Fleisch enthalten durchschnittlich 23 ng Se/g. Der Selengehalt der Wurstbrote ist höher und liegt bei 71 ng Se/g FG. Der Selengehalt der 3 untersuchten Marmeladebrote war mit durchschnittlich 33 ng Se/g nicht so hoch. Milchbreie besitzen den höchsten Selengehalt mit $\tilde{x}$ = 125,1 ng Se/g FG.

Tabelle 14: Selengehalt von Brot mit Wurst oder Marmelade (ng/g FG)

	Brot mit Wurst	Brot mit Marmelade
	67,5	17,6
	48,9	51,8
	105,2	35.0
	74,5	
	161,9	
	28,6	
$\tilde{x}$ =	71,0	33,0

Tabelle 15: Selengehalt von Säuglingsfertignahrungen (ng/g FG)

Obst	Gemüse	Fleisch u.ä.	Milchbreie	Milch	Fertigmilch	Säfte	Fenchelte
0,8	1,4	30,2	129,9	23,5	11,1	1,7	1,9
2,7	3,1	39,5	100,2	25,1	17,0	3,2	10,1
2,3	2,5	24,8	113,0	21,7	23,4	1,8	1,8
6,5	2,9	80,6	120,3	29,0	24,3	1,3	3,2
5,8	3,7	15,5	89,7	17,4	25,8	1,2	10,1
7,1	1,5	87,4	114,9	20,6	10,3	2,0	1,7
5,9	3,2	7,8	168,1	15,1	10,9	2,7	1,8
4,2	2,2	61,2	145,5	21,7	16,3	1,1	0,8
3,4	2,3	8,3	175,0	21,5	9,2	2,6	0,3
9,9	2,6	8,8	192,3	18,1	22,5	1,5	
6,0	2,6	6,5		18,1	10,2	4,9	
2,3		47,2			24,6	1,9	
4,1		34,0			22,5	0,4	
1,9		14,3			18,4	5,2	
		23,0				5,4	
		18,5				3,0	
						4,8	
						0,5	
= 4,1	2,5	23,9	125,1	21,5	17,7	2,6	1,7

3.3 Selenzufuhr bei gesunden Kleinkindern

Die tägliche Selenzufuhr bei zwanzig untersuchten gesunden Kleinkindern beträgt zwischen 6729,4 und 79943,7 ng. Bei einer durchschnittlichen Nahrungsaufnahme $\tilde{x}$ = 915,0 g pro Tag werden 34684,8 ng Selen zugeführt, d.h. pro g Nahrung werden durchschnittlich 37,9 ng Selen aufgenommen (Variationsbereich von 9,5 - 90,8 ng Se/g FG Nahrung).

Bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 9,7 kg ist die Selenzufuhr pro kg Körpergewicht $\tilde{x}$ = 3566,4 ng (961,3 - 9295,8 ng Se/kg Körpergewicht).

Die zugeführte Nahrung enthält zu 67 % bzw. 610 g (185 - 1002) Fertigprodukte, diese steuern 55,8 % der Selenzufuhr bei, entsprechend 19353,3 ng (1342,8 - 79943,7 ng), d. h. 29,9 ng Se/g Fertigprodukt.

Siehe Tabelle 16: Selenzufuhr pro Tag bei gesunden Kleinkindern
Tabelle 17: Selengehalt der Fertigprodukte der gesunden Kleinkinder

Tabelle 16: Selenzufuhr pro Tag bei gesunden Kleinkindern
Se (ng)

Name	Nahrungs-zufuhr (g)	Selenzufuhr	Selen/kg Körpergewicht
A.T.	824,5	40726,6	6787,8
G.M.	860	30103,1	3762,9
H.S.	850	10466,5	1496,2
W.I.	1012	35165,4	3761,0
B.T.	1085	50612,6	4217,7
B.C.	890	45225,4	3768,7
M.M.	945	34177,7	3107,1
B.M.	846	6729,4	961,3
F.M.	875	32938,0	2744,8
W.S.	1050	36431,5	3571,7
S.E.	1270	42427,7	3857,1
T.D.	1020	9699,6	1197,5
G.P.	930	32880,3	3223,6
K.S.	837	17330,4	1445,0
T.B.	1050	25710,5	2762,6
A.S.	900	70703,4	8837,9
S.S.	1120	23438,7	2343,8
J.J.	820	14008,3	2155,1
U.R.	880	79943,7	9295,8
A.T.	1224	56672,8	4722,7
$\tilde{x}$ =	915	34684,8	3566,4

Tabelle 17: Selengehalte der Fertigprodukte bei gesunden Kleinkindern - Se (ng)

Name	Fertigprodukt (g)	Selengehalt d. Fertigprod.	Selen/ g Fertigprodukt
A.T.	209,5	27204,9	129,9
G.M.	860	30103,1	35,0
H.S.	850	10466,5	12,3
W.I.	1002	33664,1	33,6
B.T.	210	5216,0	24,8
B.C.	430	22584,8	52,5
M.M.	200	16122,2	80,6
B.M.	846	6729,4	8,0
F.M.	620	28356,7	45,7
W.S.	440	6510,0	14,8
S.E.	470	4298,1	9,1
T.D.	600	8710,7	14,5
G.P.	930	32830,3	35,4
K.S.	208	12732,5	61,2
T.B.	940	21012,9	22,4
A.S.	760	67160,6	88,4
S.S.	680	12750,1	18,8
W.J.	185	1840,8	10,0
U.R.	880	79943,7	90,8
A.T.	319	42066,5	131,9
$\tilde{x}$ =	610	19353,5	29,9

3.4 Die Selenzufuhr bei PKU-Kindern

Die tägliche Selenzufuhr der neun untersuchten Kinder, die an Phenylketonurie leiden, beträgt zwischen 3149,6 und 11625 ng.

Bei einer durchschnittlichen Nahrungsaufnahme $\tilde{x}$ = 874 g werden pro Tag gleichzeitig 6938,9 ng Selen aufgenommen, das bedeutet, pro g Nahrung werden 7,9 ng Selen aufgenommen (Variationsbereich von 5,1 - 12,1 ng Se/g Nahrung).

Bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 8,8 kg ist die Selenzufuhr pro kg Körpergewicht $\tilde{x}$ = 778,8 ng (314 - 1217,4 ng Se/kg Körpergewicht).

Die zugeführte Nahrung enthält durchschnittlich 30 g Diätetika pro Tag 15-50 g), das entspricht nur 3,4 Gewichtsprozent der durchschnittlichen Nahrungszufuhr am Tag. Diese 3,4 % enthalten 19,2 % der Gesamtzufuhr, nämlich durchschnittlich $\tilde{x}$ = 1332 ng (123 - 4884,1 ng Se).

Der Fertigproduktanteil von 46,7 % (208 - 560 g) erbringt eine Selenzufuhr von 30,1 % der Tageszufuhr mit durchschnittlich $\tilde{x}$ = 2091,6 ng (613,8 - 4708,2 ng Se). Die restlichen 50 % der Nahrungsmittel erbringen ca. 50 % der Tagesselenzufuhr.

Siehe Tabelle 18: Selenzufuhr pro Tag bei PKU-Kindern
Tabelle 19: Selengehalt der Fertigprodukte und Diätetika der PKU-Kinder

Tabelle 18: Selenzufuhr pro Tag bei PKU-Kindern
- Se (ng)

Name	Nahrungs-zufuhr	Selenzufuhr	Selen / kg Körpergewicht
C.D.	910	3149,6	314,0
E.M.	894	9329,4	961,8
K.J.	825	4145,2	690,8
K.S.	870	5773,1	730,8
S.K.	815	4439,4	778,8
H.J.	1088	11625,7	1217,4
H.Y.	1548	8353,7	835,4
H.A.	874	6938,9	614,1
K.S.	796	8624,4	784,0
$\tilde{x}$ =	874	6938,9	778,8

Tabelle 19: Selengehalt der Fertigprodukte und der Diätetika der PKU-Kinder - Se (ng)

Name	Fertigprod. (g)	Se-Gehalt d. Fertigprod.	Se/g Fertig-produkt	Diät (g)	Se-Gehalt d. Diät	Se/g Diätetikum
C.D.	490	1057,3	2,2	40	989,5	24,7
H.M.	505	2091,6	4,1	45	4884,1	108,5
K.J.	255	613,8	2,4	50	1418,1	28,4
S.K.	230	1137,2	4,9	30	1571,4	52,4
H.J.	408	4708,2	11,5	30	866,3	28,9
H.Y.	438	3538,2	8,1	25	123.0	4,9
H.A.	208	2574,8	12,4	15	285,5	19,0
K.S.	260	1384,3	5,3	30	1449,1	48,3
$\tilde{x}$ =	408	2091,6	4,9	30	1331,8	28,9

3.5 Selenzufuhr und ihre Aufgliederung in verschiedene Nahrungsmittel

Die folgenden Tabellen (20, 21) geben die Selengehalte der verschiedenen Nahrungsmittel, die jeweils von den gesunden Kleinkindern bzw. der PKU-Kinder gegessen wurden, pro Gramm Feuchtgewicht wieder.

Bei den gesunden Kindern gehören wiederum Getreideprodukte, Milchbreie und Sonstiges zu den selenreichsten Nahrungsmitteln. Die hohen Selenwerte unter Sonstiges bei zwei Kindern beruhen auf den verschieden hohen Selengehalt der an diesem Tag verzehrten Eier.

Bei den PKU-Patienten zählen dagegen die Diätetika zu den selenreichsten Nahrungsmitteln, während alle anderen Nahrungsmittel-außer der Milch- im Vergleich zu den Nahrungsmitteln der gesunden Kleinkinder einen niedrigen Selenspiegel aufweisen. Das verzehrte Gemüse enthält nur ein Drittel, das gegessene Obst nur ein Viertel und die Getreideprodukte der PKU-Kinder nur ein Fünftel des Selengehaltes der entsprechenden Nahrungsmittelgruppen, die die gesunden Kleinkinder gegessen haben.

Tabelle 20: Selengehalt der verschiedenen Nahrungsmittelgruppen der gesunden Kleinkinder

Tabelle 21: Selengehalt der verschiedenen Nahrungsmittelgruppen der PKU-Kinder

Weiterhin läßt sich die Selenzufuhr mit den verschiedenen Nahrungsmitteln für jedes Kind berechnen, indem jeweils der Selengehalt mit der Nahrungsmenge multipliziert wird.

Tabelle 22: Selenzufuhr mit verschiedenen Nahrungsmitteln der gesunden Kleinkinder

Tabelle 23: Selenzufuhr mit verschiedenen Nahrungsmitteln der PKU-Kinder

Tabelle 20: Selengehalte der verschiedenen Nahrungsmittel der gesunden Kleinkinder (ng/g FG)

Name	Milch	Getränke	Obst	Gemüse	Fleisch	Getreide	M.Brei	M.Prod.	Fett	Sonst.
A.T.	15,9	-	22,2	-	28,8	-	129,9	-	-	-
G.M.	17,8	-	-	3,7	-	-	100,2	-	-	-
H.S.	11,8	-	5,9	22,5	-	-	-	-	-	-
W.I.	17,0	1,8	21,2	-	30,2	150,1	113,0	-	-	-
B.T.	21,7	-	65,9	-	38,2	62,1	-	-	3	-
B.C.	23,4	3,7	-	38,2	-	113,2	120,3	-	6	50
M.M.	21,5	-	15,4	-	77,2	-	-	-	-	-
B.M.	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F.M.	24,3	0,1	33,8	-	87,4	48,9	-	-	-	-
W.S.	25,8	1,7	1,1	1,5	-	-	89,8	47,2	-	-
S.L.	15,3	-	8,7	15,2	30,2	161,5	-	32,4	-	16
T.D.	10,9	1,8	-	3,2	-	-	21,8	-	-	-
G.T.	16,3	3,0	3,4	-	7,8	-	114,9	-	-	-
K.S.	-	3,1	5,1	-	61,2	41,9	-	-	-	-
T.B.	9,2	-	37,3	-	15,7	55,7	29,7	-	-	-
A.S.	22,5	-	168,0	-	39,5	-	145,5	25,3	-	-
S.S.	10,2	0,5	87,3	44,2	28,6	122,6	11,9	14,6	-	2
W.J.	24,6	-	10,0	2,2	-	-	-	-	-	-
U.R.	20,6	-	6,0	-	-	-	175,0	-	-	-
A.T.	18,1	4,3	4,9	32,9	8,8	29,6	192,3	-	-	-
$\bar{x}$ =	17,8	1,8	21,7	15,2	30,2	62,1	116,7	25,3	4,5	16

Tabelle 21: Selengehalte der verschiedenen Nahrungsmittelgruppen der PKU-Kinder (ng/g FG)

Name	Diät.	Milch	Getränke	Obst	Gemüse	Fleisch	Getreide	M.brei	M.prod.	Fett	Sonstiges
C.D.	24,7	23,5	0,1	2,4	1,4	-	-	-	16,3	2,1	5,0
A.K.	108,5	25,1	1,4	4,6	3,7	-	6,6	-	-	2,2	5,0
K.J.	28,4	21,7	2,6	-	2,1	-	-	-	-	3,2	7,0
K.S.	29,6	29,0	3,2	5,8	5,3	-	-	-	-	1,4	6,0
S.K.	52,4	21,2	-	7,1	4,9	-	-	-	-	1,8	7,0
M.J.	28,9	-	1,9	2,9	22,6	-	14,2	-	-	3,7	10,0
H.Y.	4,9	-	0,5	4,9	10,6	-	11,2	-	-	0,6	4,0
L.A.	19,0	20,6	3,3	4,3	9,6	-	19,0	-	-	3,6	-
K.S.	48,3	15,1	5,2	6,1	13,8	-	10,6	-	6,4	1,9	5,0
$\tilde{x}$ =	28,9	21,7	2,3	4,8	5,3	-	11,2	-	11,4	2,1	5,0

Tabelle 22: Selenzufuhr mit verschiedenen Nahrungsmitteln der gesunden Kinder (µg)

Name	Milch	Getränke	Obst	Gemüse	Fleisch	Getreide	M.brei	M.prod.	Fett	Sonst.
A.T.	3,3	-	4,9	-	5,3	-	27,2	-	-	-
G.M.	8,4	-	-	0,7	-	-	21,0	-	-	-
H.S.	4,9	-	1,5	4,1	-	-	-	-	-	-
W.I.	3,6	0,3	5,0	-	6,3	1,5	18,5	-	-	-
B.T.	6,9	-	33,6	-	8,5	1,5	-	-	<0,1	-
B.C.	4,7	0,9	-	7,6	-	2,2	21,7	-	<0,1	15
M.M.	10,3	-	3,0	-	20,8	-	-	-	-	-
B.M.	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F.M.	6,1	<0,1	10,1	-	15,7	1,0	-	-	-	-
W.S.	6,2	<0,1	<0,1	0,3	-	-	19,8	9,9	-	-
S.E.	9,3	-	1,3	0,8	9,2	1,0	-	1,0	-	19,0
T.D.	4,4	0,5	-	0,5	-	-	4,4	-	-	-
G.P.	4,1	0,4	0,4	-	1,6	-	26,4	-	-	-
K.S.	-	1,5	0,3	-	12,7	3,5	-	-	-	-
T.B.	2,3	-	9,3	-	3,9	2,8	7,4	-	-	-
A.S.	5,2	-	29,4	-	7,1	-	25,5	3,5	-	-
S.S.	4,3	<0,1	3,5	8,0	1,1	3,7	1,0	1,9	-	0,4
W.J.	11,8	-	1,9	0,3	-	-	-	-	-	-
J.R.	8,8	-	0,3	-	-	-	70,9	-	-	-
A.T.	4,3	1,7	0,1	5,6	0,9	2,6	41,1	-	-	-

Tabelle 23: Selenzufuhr mit den verschiedenen Nahrungsmitteln der PKU-Kinder (µg)

Name	Diät	Milch	Getränke	Obst	Gemüse	Fleisch	Getreide	M.brei	M.prod.	Fett	Sonstiges
C.D.	1,0	0,5	<0,1	0,5	0,2	-	-	-	0,5	<0,1	0,2
H.M	4,9	1,3	0,2	2,0	0,7	-	0,2	-	-	<0,1	0,2
K.J.	1,4	1,8	<0,1	-	0,3	-	-	-	-	<0,1	0,3
K.S.	1,3	1,5	1,1	1,0	1,2	-	-	-	-	<0,1	<0,1
S.K.	1,6	1,7	-	0,7	0,3	-	-	-	-	<0,1	0,3
H.J.	0,9	-	0,6	0,7	7,5	-	1,5	-	-	<0,1	0,6
H.Y.	0,1	-	0,2	1,5	4,6	-	1,5	-	-	<0,1	0,3
H.A.	0,3	1,0	1,1	0,3	3,3	-	0,9	-	-	<0,1	-
K.S.	1,4	0,4	1,0	0,5	4,7	-	0,6	-	0,2	<0,1	<0,1

3.6 Vergleich der Selenzufuhr bei gesunden Kleinkindern und PKU-Kindern

Die Selenzufuhr bei 20 gesunden Kindern im Alter von 5 bis 20 Monaten liegt durchschnittlich bei 34,7 µg Selen pro Tag. Dagegen nahmen 9 PKU-Patienten gleichen Alters durchschnittlich nur 6,9 µg Selen pro Tag auf. (Tabelle 16,18).

Diese niedrige Selenaufnahme beruht unter anderem darauf, daß bestimmte selenreiche Nahrungsmittel, wie Fleisch und Milchbreie von den PKU-Patienten nicht gegessen werden; stattdessen jedoch Diätetika (Tabelle 20,21).

Neben diesen quantitativen Unterschieden gibt es jedoch auch qualitative (Tabelle 24).

Die Gemüse der gesunden Kinder enthalten dreifach so hohe Selenspiegel wie diejenigen der PKU-Kinder, beim Obst ist sogar der Selengehalt mehr als vierfach höher. Diese Unterschiede beruhen auf der Auswahl der Gemüse- und Obstsorten. PKU-Patienten erhalten weniger Kartoffeln und mehr Gurken als gesunde Kinder. Gesunde Kinder essen gerne Bananen, diese sind in der Regel der PKU-Patienten wegen des höheren Eiweißgehaltes verboten. Sie verzehren stattdessen eine bestimmte Menge an Äpfeln. Diese Auswahl ist begründet durch den niedrigen Eiweißgehalt der entsprechenden Obst- und Gemüsesorten.

Die Getreideprodukte der gesunden Kleinkinder enthalten zwischen 29,6 und 161,5 ng Selen/g, während die Diätteigwaren der PKU-Kinder mit 6,6 - 19,2 ng Selen/g zu den selenarmen Nahrungsmitteln zählen.

Unwesentlich sind die Unterschiede der Selengehalte der Milch, der übrigen Getränke und Fette.

Tabelle 24: Vergleich der Selengehalte der Nahrungsmittel der gesunden Kleinkinder und der PKU-Kinder.

Tabelle 24: Vergleich der Selengehalte der Nahrungsmittel der gesunden Kleinkinder und der PKU-Kinder - Se (µg/g FG) Nahrung.

Nahrungsmittel	Gesunde Kleinkinder		PKU-Kinder	
	Median	Streubreite	Median	Streubreite
Diätetika	-	-	28,9	4,9 - 108,5
Milch	17,8	8,0 - 25,8	21,7	15,1 - 25,1
Getränke	1,8	0,5 - 4,3	2,3	0,1 - 5,2
Obst	21,7	1,1 - 168,0	4,8	2,4 - 7,1
Gemüse	15,2	2,2 - 44,2	5,3	1,4 - 22,0
Fleisch	30,2	7,8 - 87,4	-	-
Getreide	62,1	29,6 - 161,5	11,2	6,6 - 19,2
Milchbrei	116,7	29,7 - 192,3	-	-
Milchprodukte	25,3	14,6 - 32,4	11,4	6,4 - 16,3
Fette	4,5	3,0 - 6,0	2,1	0,6 - 3,6
Sonstiges	167,0	19,8 - 500,0	5,9	4,1 - 10,5

Vergleicht man die prozentualen Anteile verschiedener Nahrungsmittel an der Selenzufuhr bei gesunden Kindern und PKU-Kindern miteinander, so ergibt sich, daß bei den gesunden Kindern 37 % der Nahrungszufuhr aus Milch besteht, und diese nur 16,2 % zur Gesamtselenzufuhr beisteuern. Dagegen liefern 13,3 % der Nahrung in Form von Milchbreien 41,2 % der Selenzufuhr. Fleischhaltige Gemüsebreie (12,4 %) und Obst (15 %) steuern je zwischen 13,4 % und 15,5 % der täglichen Selenaufnahme gesunder Kinder bei.

Bei den diätetische behandelten Patienten liefert das Hauptnahrungsmittel Gemüse (27,4 %) 36,3 % der täglichen Selenzufuhr. Die quantitativ geringen Mengen von Diätetika (3,6 %) und Milch (4,2 %) tragen zu 20,0 % bzw. 13,0 % der Selenzufuhr bei. Obst, das 18,5 % der Gesamtnahrungszufuhr ausmacht, steuert 12,0 % zur täglichen Selenzufuhr bei.

Vergleicht man die absoluten Zahlen, fällt in fast allen Nahrungsmittelgruppen mit Ausnahme der Gemüse und der Getränke (außer Milch) die niedrigere Selenzufuhr bei den PKU-Patienten gegenüber den gesunden Kindern auf, wobei die gesunden Kinder ihren Flüssigkeitsbedarf vor allem über die Milchzufuhr decken.

PKU-Patienten nehmen in ihrer Diät insgesamt noch weniger Selen auf, als gesunde Kinder mit der Milch alleine.

Tabelle 25: Selenzufuhr mit einzelnen Nahrungsmitteln bei gesunden Kleinkindern und PKU-Kindern

Tabelle 25: Selenzufuhr mit einzelnen Nahrungsmitteln bei gesunden Kleinkindern und PKU-Kindern

(A) Gesunde Kleinkinder

Nahrungsmittel	Nahrungs-zufuhr (g)	Nahrungs-zufuhr (%)	Gesamtselen (ng)	Gesamtsele (%)
Milch	347,3	36,6	5778	16,2
Getränke	90,1	9,5	271	0,8
Obst	141,7	15,0	5235	15,5
Gemüse	74,2	7,8	1390	4,0
Fleisch u.Gemüse	117,7	12,4	4663	13,4
Getreide	16,6	1,7	989	2,9
Milchbrei	126,9	13,3	14246	41,2
Milchprodukte	25,5	2,7	366	1,0
Fette	0,9	0,1	4	<0,1
Sonstiges	8,5	0,9	1764	5,0

(B) PKU-Kinder

Nahrungsmittel	Nahrungs-zufuhr (g)	Nahrungs-zufuhr (%)	Gesamtselen (ng)	Gesamtsele (%)
Diätetika	34,4	3,6	1435	20,0
Milch	40,0	4,2	902	13,0
Getränke	213,5	22,7	480	6,6
Wasser	121,6	12,9	-	-
Obst	174,4	18,5	841	12,0
Gemüse	256,7	27,4	2531	36,3
Fleisch	-	-	-	-
Getreide	38,7	4,1	528	7,4
Milchbrei	-	-	-	-
Milchprodukte	6,1	0,6	72	1,0
Fette	21,9	2,3	42	0,6
Sonstiges	35,4	3,7	228	3,1

3.7 Selenzufuhr mit den Mahlzeiten

Anhand der Selengehalte von allen Nahrungsmitteln, die von den gesunden Kleinkindern gegessen worden sind, lassen sich die Selenzufuhren mit den Mahlzeiten für jedes Kind berechnen.

Bei einer durchschnittlichen Tageszufuhr von 34,7 µg Selen werden durchschnittlich mit dem Frühstück $\bar{x}$ = 5,5 ug Selen, mit dem Mittagessen 6,7 µg und mit dem Abendessen 15,9 µg Selen von den gesunden Kleinkindern aufgenommen.

Rechnet man die Selengehalte der Zwischenmahlzeiten zusammen, erreichen sie mit 6,9 µg die Größenordnung der Selenaufnahme mit dem Mittagessen.

Siehe Tabelle 26: Selenzufuhr mit den Mahlzeiten bei gesunden Kleinkindern.

Weitere Informationen über den Zusammenhang der Selenaufnahme und den Mahlzeiten erhält man, indem für jedes Kind die prozentuale Verteilung der Selenaufnahme mit jeder Mahlzeit berechnet wird.

Mit dem Frühstück werden durchschnittlich $\bar{x}$ = 18,0 % (3,0 - 80,4 %) der Selenzufuhr eingenommen, mit dem 2. Frühstück 7,6 % (0,6 - 56,9 %), mit dem Mittagessen 20,5 % (0,2 - 50 %), mit der Nachmittagsmahlzeit 6,5 % (0,4 - 27,7 %), mit dem Abendessen 42,0 % (12,3 - 77,8 %) und mit der nächtlichen Mahlzeit 3,7% (4,4 %, 26 %, 43,1 %).

Bei 8 von 20 Kindern wurden mit dem Abendessen 50 % und mehr der täglichen Selenmenge aufgenommen. Dieses beruht bei 7 der 8 Kinder auf der durchschnittlichen Zufuhr von 200 g eines Milchvollkornbreies; nur ein Kind erreicht die hohe abendliche Selenaufnahme mit der Zufuhr eines Fertignahrungsbreies aus Fleisch und Gemüse.

Die Selenaufnahme mit dem 1. Frühstück ist annähernd konstant. Bei 60 % der Kinder (= 12) beträgt sie zwischen 10 % und 22 %. Bis auf ein Kind, das Brot mit Marmelade und Tee verzehrte, trinken diese Kinder durchschnittlich 215 g Vollmich oder Fertigmilch zum Frühstück, zusätzlich aßen vier der Kinder ein Brot mit Marmelade oder mit Wurst.

Ein Kind nimmt 80 % seiner täglichen Selenzufuhr mit dem Frühstück ein, was sich durch den Verzehr eines Grießbreies erklären läßt.

Die Selenzufuhr mit dem Mittagessen ist hingegen größeren Schwankungen unterworfen. Dieses beruht auf den individuell verschieden zusammengesetzten Mittagsmahlzeiten, jedoch nimmt kein Kind mehr als 50 % der Selenmenge mit dem Mittagessen ein.

Siehe Tabelle 27: Prozentuale Selenzufuhr mit den Mahlzeiten bei gesunden Kleinkindern

Bei den PKU-Patienten war eine Aufgliederung der Selenzufuhr mit einzelnen Mahlzeiten nicht möglich, da die diätetische Vorspeise (> 20 % der Tageszufuhr) nicht in einer Einzelportion gegessen wird, sonder löffelweise über den ganzen Tag verteilt gegeben wird.

Tabelle 26: Selenzufuhr mit den Mahlzeiten bei gesunden Kleinkindern (µg)

Name	1. Früh-stück	2. Früh-stück	Mittag-essen	Nachmittag-essen	Abend-essen	Nacht-mahl	Total
A.T.	3,3	-	5,3	4,9	27,2	-	40,7
G.M.	4,7	-	0,7	3,7	21,1	-	30,1
H.S.	2,1	0,3	4,0	1,5	2,5	-	10,5
W.I.	3,6	1,5	6,6	4,7	18,7	-	35,2
S.T.	9,2	14,8	5,2	3,0	18,3	-	50,6
B.C.	5,3	-	15,7	2,5	21,7	-	45,2
M.M.	7,9	0,2	16,5	2,4	7,2	-	34,2
S.R.	1,2	1,3	1,2	-	1,4	1,8	6,7
F.M.	7,1	-	15,7	3,6	6,5	-	32,9
W.S.	6,2	-	0,4	10,1	19,8	-	36,4
S.E.	3,2	3,6	21,2	0,4	14,0	-	42,4
F.D.	2,2	-	0,5	2,2	4,9	-	9,7
G.P.	26,4	-	1,7	0,7	4,1	-	32,9
K.S.	2,3	-	1,2	0,3	13,5	-	17,3
T.B.	3,9	-	11,2	3,1	7,4	-	25,7
A.S.	5,2	-	7,1	3,5	54,9	-	70,7
S.S.	2,2	3,5	9,5	0,9	7,3	-	23,4
W.J.	4,1	1,8	0,3	-	1,7	6,0	14,0
A.T.	5,3	0,9	5,9	3,4	41,2	-	56,7
U.R.	2,4	45,4	3,8	0,3	25,4	3,5	79,9
$\bar{x}$ =	5,5	3,7	6,7	2,6	15,9	0,6	34,7

Tabelle 27: Prozentuale Selenzufuhr mit den Mahlzeiten bei gesunden Kleinkindern

Name	1. Frühstück	2. Frühstück	Mittagessen	Nachmittagessen	Abendessen	Nachtmahl	Total
A.D.	8,2	-	13,1	11,9	66,8	-	100
G.M.	15,6	-	0,2	12,3	69,9	-	100
H.S.	20,2	3,2	38,7	14,1	23,8	-	100
W.I.	10,2	4,3	18,8	13,5	53,2	-	100
B.I.	18,2	29,2	10,4	5,8	36,4	-	100
B.C.	11,8	-	34,7	5,6	47,9	-	100
M.M.	23,0	0,6	48,4	7,0	21,0	-	100
B.M.	17,2	18,7	18,0	-	20,1	26,0	100
F.M.	21,4	-	47,8	10,9	19,9	-	100
W.S.	17,0	-	1,1	27,7	54,2	-	100
S.E.	7,6	8,5	50,0	1,0	32,9	-	100
I.D.	22,4	-	5,7	22,4	49,5	-	100
G.F.	80,4	-	5,2	2,0	12,4	-	100
K.S.	13,3	-	7,1	1,8	77,8	-	100
I.B.	15,0	-	43,9	12,2	28,9	-	100
A.E.	7,3	-	10,1	5,0	77,6	-	100
S.S.	9,6	14,9	40,3	4,2	31,0	-	100
W.J.	29,0	13,1	2,5	-	12,3	43,1	100
U.R.	3,0	56,9	4,8	0,4	31,7	4,4	100
A.F.	9,4	1,6	10,4	6,0	72,6	-	100
$\bar{x}$ =	18,0	7,6	20,5	8,2	42,0	3,7	100

4. Diskussion

4.1 Selengehalt von Nahrungsmitteln

Seit den grundlegenden Arbeiten von Schwarz und Foltz (46) zählt Selen zu den essentiellen Spurenelementen.

Es besteht bei Mensch und Tier eine direkte Korrelation zwischen der Glutathionperoxidaseaktivität verschiedener Gewebe und der Selenzufuhr mit der Nahrung. Der Selengehalt der Böden zeigt regionale Unterschiede, diese spiegeln sich im Selengehalt von Futtermilch und Getreide wider. Tiere weisen entsprechend den Selengehalten ihrer Weiden unterschiedlich hohe Selengehalte und entsprechende Glutathionperoxidaseaktivitäten vieler Organe auf. Auch beim Menschen werden regional unterschiedlich hohe Selenzufuhren mit der Nahrung beobachtet.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden 42 Doppelproben handelsüblicher Säuglingsnahrungen und Diätetika, die in der Universitätsklinik benutzt werden, auf ihren Selengehalt untersucht. Weiterhin wurden 260 Doppelproben bei 20 gesunden Kindern und 9 PKU-Patienten als aliquote Anteile fertig zubereiteter Nahrungsmengen gewonnen und ebenfalls darin der Selengehalt untersucht. Die Bestimmung erfolgte mit Hilfe der instrumentellen Neutronenaktivierungsanalyse, mit einer Nachweisgrenze von 0,3 ng/g FG. Dadurch konnten auch für Proben mit niedrigen Selengehalt - außer Wasser - genaue Werte ermittelt werden.

Die Fertigprodukte für Kleinkinder in Breiform enthalten 1,9 - 47,2 ng Selen g/FG. Die Selengehalte von Obstbreien betragen 1,9 - 4,1 ng Selen/g FG, von Gemüsebreien 2,3 - 2,7 ng Selen/FG, entsprechend den Ergebnissen von Hofsommer und Bielig aus Berlin (20), Morris und Levander (30) aus Maryland, USA und Arthur (2) aus Canada.

Die Fruchtsaftgetränke haben einen durchschnittlichen Selengehalt von 2,6 ng/g FG, Fencheltee von 1,7 ng/g FG.

Für Hofsommer und Bielig (20) lagen die Selengehalte von Obstgläschen und frischem Obst unter der Nachweisbarkeitsgrenze von 2 ng/g FG. Es zeigt sich in unseren Untersuchungen, daß Bananen mehr Selen enthalten als unsere heimischen Obstsorten. Die Selengehalte von Bananen variieren allerdings sehr stark. Sie liegen zwischen 4,3 und 164,4 ng/g FG. Ob diese Unterschiede der Selengehalte durch Importe aus verschiedenen Ländern bedingt sind, läßt sich retrospektiv nicht mehr klären. Als Vergleichzahlen können die von Oelschläger und Menke (32) mit 42 ng Selen g, von Arthur (2), Morris und Levander (30) und Noda und Mitarbeiter (31) mit weniger als 10 ng/Selen/g FG herangezogen werden.

Der Selengehalt frischer Karotten ($\tilde{x}$ = 2,9 ng Selen/g FG) unterscheidet sich nur unwesentlich von den Karottengläschen ($\tilde{x}$ = 2,5 ng Selen/g FG). Unter den untersuchten Gemüsesorten erweisen sich Kartoffeln als die selenreichsten mit $\tilde{x}$ = 16,3 ng Selen/g FG. Sakurai und Tsuchija (40) ermitteln einen Selengehalt von 20 ng Selen/g FG Kartoffel, Suzukov (56) von 15 ng Selen g FG. Morris und Levander (30), Noda und Mitarbeiter (31) und Suzuki und Mitarbeiter (57) geben Werte zwischen 3 und 4 ng Selen/g FG Kartoffel an.

Insgesamt zeigen auch unsere Ergebnisse, daß Obst, Obstsäfte und Gemüse (Frischgemüse oder Gläschengemüse) mit Ausnahme von Bananen und Kartoffeln zu den selenarmen Nahrungsmitteln zählen.

Der durchschnittliche Selengehalt der Kindermilch ($\tilde{x}$ = 21,5 ng Selen/g) und der von Säuglingsfertigmilch ($\tilde{x}$ = 17,1 ng Selen/g) entspricht früheren Untersuchungen (20). Erstaunlicherweise war jedoch der Selengehalt von Milchbreien sehr viel höher mit durchschnittlich 125,1 ng Selen/g FG. Auch bei den Vorproben zählten die Milchvollkornbreie mit einem durchschnittlichen Selegehalt von 454,8 ng Selen/g Pulver zu den selenreichsten Produkten, die untersucht wurden. Es ist bisher nicht publiziert worden, daß durch Andicken der Milch mit Vollgetreideprodukten wie Grieß oder Hafer-

flocken der Selengehalt der entsprechenden Mahlzeit um das Mehrfache gesteigert werden kann.

Fleischhaltige Gläschen mit Gemüse und anderen Nahrungsmitteln enthalten durchschnittlich 23,9 ng Selen/g FG. Arthur (2) gibt Werte zwischen 15 und 207 ng Selen/g FG an. Morris und Levander (30) ermittelten in reinen Fleischkonserven ohne Zusätze Selengehalte von 106 - 130 ng Selen/g FG.

4.2 Selenzufuhr bei gesunden Kleinkindern und PKU-Kindern

Über den Selenbedarf und die Selenzufuhr bei Kleinkindern ist nur wenig bekannt. Die bisherigen Daten beruhen weitgehend auf Schätzungen (25, 27, 44, 54, 64). Z.B. wurde durch Gibson und De Wolfe (14) in einer canadischen Studie die tägliche Selenzufuhr von Kleinkindern geschätzt, indem die tägliche Nahrungszufuhr von Müttern erfragt und die angegebenen Nahrungsmengen mit den von verschiedenen Autoren ermittelten Selenwerten der Nahrungsmittel multipliziert wurden. Die Autoren schreiben, daß die Selenzufuhr in den ersten sechs Lebensmonaten aufgrund der überwiegenden Milchernährung mit durchschnittlich 21 - 25 µg/Tag konstant bleibt.

Diese Angaben entsprechen denen von Lombeck und Mitarbeiter (27) mit 22,4 µg/Tag bei gestillten Säuglingen bzw. denen von Zabel und Mitarbeiter (64) ermittelten Werten von 5 - 35 µg Selen pro Tag.

Unsere untersuchten gesunden Kinder hatten ein Alter von 5 bis 20 Monaten. Nur eines dieser Kinder wurde ausschließlich mit Fertigmilch am Untersuchungstag ernährt und erhielt deshalb auch nur 6,7 µg Selen. Die anderen gesunden Kinder mit einem durchschnittlichen Gewicht von 9,7 kg erhielten außer einer Milchmahlzeit unterschiedliche Mengen an Milchbreien, Obst und Gemüse in frischer Form und als Fertigprodukt, Kekse, Brote mit Belag. Wurst, Fleisch und Eier waren ebenfalls im Tagesmenü enthalten. Außer der Milch tranken die Kinder Obstsäfte und Fencheltee.

Die neun PKU-Patienten gleichen Alters wurden seit dem ersten Lebensmonat diätetisch behandelt. Sie waren eutroph mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 8,8 kg.

Ihre Diät umfaßte phenylalaninfreie Eiweißhydrolysate bzw. Aminosäurenmischungen, denen kein Selen zusätzlich beigemischt worden war, eiweißarme Obst- und Gemüsesorten bzw. eiweißarmes Brot und Teigwaren. Fleisch, Eier, Vollgetreide, Milchbreie waren in den Diäten wegen ihres hohen Phenylalaningehaltes nicht enthalten.

Die Selenzufuhr bei den gesunden Kindern zeigt eine Variation um das Zehnfache. Sie schwankte zwischen 6,7 und 79,9 µg Selen/Tag. Die durchschnittliche Selenzufuhr lag bei $\tilde{x}$ = 34,7 µg Selen/Tag. Dieser Wert ist niedriger als der von den Canadiern (14) mit 48 - 56 µg Selen/Tag bei 12 Monate alten Säuglingen berechnete Wert und fast doppelt so hoch wie der von Stolley und Mitarbeiter (54) berechnete Wert mit 18-19 µg Selen/Tag bei 1,0 - 1,9 Jahren alten Kleinkindern.

Nur bei 6 von 20 Kindern lag die Selenzufuhr im Bereich der 10%-Abweichung vom Durchschnittwert ($\tilde{x}$ = 34,7 µg), d.h. zwischen 30 und 38 µg Selen/Tag.

Es ist kein Unterschied zwischen der absoluten Selenzufuhr der 11 Säuglinge im Alter von 5-9 Monate ($\tilde{x}$ = 32,9 µg Selen/Tag) bzw. der 9 Kleinkinder im Alter von 12-20 Monate ($\tilde{x}$ = 34,2 µg Selen/Tag) festzustellen. Die Selenzufuhr pro kg Körpergewicht sank jedoch von 4,1 µg/kg im 2. Lebenshalbjahr auf 3,2 µg/kg im dritten Lebenshalbjahr ab. In Canada (14) wurde bei 12 Monate alten Säuglingen eine durchschnittliche Selenzufuhr von 4 µg/kg berechnet. Von unseren gesunden Kleinkindern wurden pro g Nahrung durchschnittlich 0,038 µg Selen aufgenommen. Dieser Gehalt entspricht dem 1970 von Schroeder und Mitarbeiter (44) in der Hospitalkost geschätzten Selengehalt von 0,037 µg/g Nahrung. Er liegt nur bei 50 % des bei erwachsenen Japanern geschätzten Selengehalts der Nahrung von 0,07 µg Selen (40). Bereits 1975 berzeichnete Levander (25) einen von ihm in einigen Säuglingsnahrung ermittelten Selengehalt von 0,07 µg/g als unterhalb der optimalen Grenze. In Tierversuchen wurden Selengehalte im Futter von 0,04-0,15 µg/g als optimal für das Gedeihen angesehen (58).

Die Selenzufuhr bei den diätetisch behandelten PKU-Patienten beträgt nur 20 % der Selenzufuhr der gleichaltrigen gesunden Kinder. Sie lag durchschnittlich bei 6,9 µg Selen/Tag mit einer Variationsbreite von 3,2 - 11,6 µg Selen/Tag.

Die Selenzufuhr pro kg Körpergewicht lag zwischen 0,3 und 1,2 µg. Die niedrigste Selenzufuhr pro kg Körpergewicht fanden wir bei einem 10 Monate alten an Phenylketonurie leidenden Säugling, die höchste bei einem 13 Monate alten PKU-Kleinkind. Im Gegensatz zu unseren gesunden Kindern findet sich bei den PKU-Patienten keine Änderung der Selenzufuhr pro kg Körpergewicht innerhalb des 2. und 3. Lebenshalbjahres. Sie beträgt bis zum 2. Lebenshalbjahr 0,7 µg/kg Körpergewicht und im 3. Lebenshalbjahr 0,8 µg/kg Körpergewicht. Die sich entsprechenden Werte der Selenzufuhr pro kg Körpergewicht mögen in der gleichen Zusammensetzung der Diäten begründet sein. Ältere PKU-Kinder nehmen mehr Selen am Tag auf, weil ihre Nahrungsmengen höher sind (im 2. Lebenshalbjahr 872 g, im 3.Lebenshalbjahr 1088 g).

Der Selengehalt pro g Nahrung der PKU-Patienten lag bei 0,008 µg/g.

4.3 Vergleich der Selenzufuhr bei gesunden Kindern und PKU-Kindern

Die Kleinkindnahrung unterscheidet sich in ihrem Aufbau stark von der Ernährung Erwachsener. Weil die Kostform der Kleinkinder überwiegend aus selenarmen Produkten besteht, liegt die Tagesselenzufuhr deutlich unter der der Erwachsenen.

Die Kinder trinken Milch und essen Milchbreie. Sie verzehren weniger Brot, Fleisch und Eier als Erwachsene. Die als selenreich bekannten Fische und Schalentiere werden praktisch selten von jungen Kindern gegessen. Kleinkindkost ist stattdessen reich an Obst und Gemüse. Viele Obst- und Gemüsesorten zählen zu den selenarmen Nahrungsmitteln. Folglich sind für die gesunden Kleinkinder nicht Fisch und Fleisch die wichtigsten Selenlieferanten der Nahrung, sondern Milchvollkornbreie und Milch tragen fast zwei Drittel zu der täglichen Selenzufuhr bei. Bei den Erwachsenen werden in der Regel durch Fleischprodukte 30-50% der täglichen Selenzufuhr gedeckt, nämlich 37,7 - 68,6 µg/Tag (57, 59, 62). Die Selenzufuhr durch Getreideprodukte schwankt beim Erwachsenen zwischen 7 % in Neuseeland (62) und 40 % in Canada (59).

Die gesunden Kleinkinder nehmen ca. 40 % der Tagesselenmenge mit dem Abendessen ein, dieses beruht u.a. auf dem abendlichen Verzehr von Milchvollkornbreien. Die Selenzufuhr mit dem Frühstück beträgt 18 %, sie ist das Resultat einer Milchmahlzeit am Morgen. Die Selenzufuhr mit dem Mittagessen ist hingegen verschieden, aufgrund der von Haushalt zu Haushalt unterschiedlichen Eßgewohnheiten. Nach einer Schätzung von Noda und Mitarbeitern (31) nehmen erwachsene Japaner mit dem Frühstück 21 %, mit dem Mittagessen 48 % und mit dem Abendessen 32 % der Selenzufuhr bei einer Gesamtmenge von 118 µg Selen auf.

Von Ganapathy und Dhanda (13) wurde die Selenzufuhr einer normalen Nahrung mit der einer vegetarischen Kost verglichen. Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede (92,7 µg/Tag - Vollkost, 84,8 µg Selen/Tag - vegetarische Kost).

Bei unseren PKU-Patienten besteht die Diät im wesentlichen auch aus vegetarischer Kost, sie ist jedoch selenarm. Die Patienten erhalten als Eiweißquelle Aminosäuremischung bzw. Proteinhydrolysate. Diese Diätetika tragen durchschnittlich 20 % zu der täglichen Selenzufuhr bei. Obst und Gemüse machen mehr als 40 % der täglichen Nahrungszufuhr aus. Es überwiegen proteinarme Sorten, wie Gurken, Karotten, Äpfel, Aprikosen und Birnen. Die proteinreicheren Bananen fehlen, und Kartoffeln werden in geringerem Umfang als von gesunden Kindern gegessen. Die proteinarmen Gemüse und Obstsorten sind zugleich auch die selenarmen Sorten. Milchvollkornbreie fehlen ebenso wie Brot, Kekse und Teigwaren aus Vollgetreide.

Aus der Zusammensetzung der Diäten erklärt sich die auf 20 % gegenüber gesunden Kindern reduzierte Selenzufuhr bei den PKU-Patienten. Bei den gesunden Kindern lag die Selenzufuhr bei durchschnittlich 34,7 µg/Tag bzw. bei 3,2 - 4,1 µg Selen/kg Körpergewicht. Beim Erwachsenen wird eine tägliche Selenzufuhr von 50 - 200 µg (12) als adäquat angesehen. Das entspricht einer durchschnittlichen Selenzufuhr von 1,8 µg Selen/kg und Tag. Die Selenzufuhr bei den diätetisch behandelten Patienten lag dagegen nur bei durchschnittlich 6,9 µg Selen/Tag bzw. 0,8 µg Selen/kg Körpergewicht.

Es ist die Frage, ob diese Selenzufuhr ausreichend ist. Die diätetisch behandelten Patienten zeigen bisher keine klinischen Mangelsymptome. Die Selengehalte und die Aktivität der selenhaltigen Glutathionperoxidas in verschiedenen Geweben (26) sind jedoch so stark vermindert wie bei Tieren mit Selenmangelkrankheiten.

Beim Menschen wurde bisher in China (5) und in Neuseeland (34) Selenmangelkrankheiten beschrieben, die durch Selensubstitution geheilt werden konnten. Es handelt sich um die endemische Cardiomyopathie in China und um Skelettmuskelsymptome nach parenteraler Ernährung bei Erwachsenen in Neuseeland. Unsere diätetisch behandelten Patienten wurden daraufhin untersucht und keine ähnlichen Symptome gefunden. Die untere Grenze der ausreichenden Selenzufuhr ist bisher weder beim Erwachsenen noch für das Kleinkind bekannt.

5. Zusammenfassung

Es wurden insgesamt 260 Nahrungsdoppelproben auf ihren Selengehalt untersucht.

Innerhalb einer Voruntersuchung wurde der Selengehalt von 24 Doppelproben handelsüblicher Säuglingsnahrungen und 18 diätetischer Präparate bestimmt. Dabei stimmen die Selengehalte der untersuchten Produkte weitgehend mit den in der Literatur bekannten Daten überein. Besonders hervorzuheben ist der bisher nicht berichtete hohe Selengehalt von Milchvollkornbreien mit 125,1 ng Se/g FG.

Im Rahmen der Hauptuntersuchung wurde die Selenzufuhr am Tag bei zwanzig gesunden Kleinkindern im Alter zwischen 5 und 20 Monaten und einer gleichaltrigen Gruppe von neun Kleinkindern, die wegen Phenylketonurie diätetisch behandelt werden, errechnet.

Die gesunden Kinder nehmen durchschnittlich 34,7 µg Selen pro Tag zu sich. Die Selenzufuhr der PKU-Patienten beträgt durchschnittlich 6,9 µg pro Tag.

Die unterschiedlichen Selenzufuhren der beiden Gruppen beruhen u.a. auf der Zusammensetzung der Nahrung. Die gesunden Kinder nehmen durch den Verzehr selenreicher Produkte wie Milch, Milchvollkornbreie, fleischhaltige Produkte, Bananen und Eier mehr Selen zu sich als die an Phenylketonurie leidenden Kinder, die diese Nahrungsmittel weitgehend nicht essen dürfen. Stattdessen tragen bei ihnen Diätetika den Hauptanteil der Selenzufuhr bei.

Die Aufgliederung der Selenzufuhr zu den Mahlzeiten ergab, daß gesunde Kleinkinder abends den größten Teil ihrer Tagesselenmengen einnehmen. Dieses beruht auf dem abendlichen Verzehr der selenreichen Milchvollkornbreie.

6. Literatur

1) Amor, A.J. and Pringle, P.:
A review of selenium as an industrial hazard.
Bull. Hyg. 20, 239 - 241 (1945)

2) Arthur, D.:
Selenium content of Canadian foods.
Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 5, 165 (1972)

3) Berzelius, I.J.:
Sur deux méteaux nouveuax (litium et sélénium).
Schweigger, J., 21, 1818 - 1823 (1817)

4) Chavez, J.F.:
Selenio: Elemento controversial en nutrición.
Arch. venezol. Nutr. 13, 139 (1963)

5) Chen, Xi., Yang, G., Chen, J., Zhimei, W. and Keyon, G.:
Studies on the relation of selenium and Keshan-Disease.
Biol. Trace Element Res. 2, 91 - 107 (1980)

6) Cooper, W.Ch. and Glover, J.R.:
The toxicology of selenium and its compounds. In:
Selenium, Eds.: Zingaro, R.A., Cooper, W.Ch., van Nostrand Reinhold Co., New York, Cincinnati, Toronto, London, Melbourne pp. 654 - 674 (1974)

7) De Witt, W.B. and Schwarz, K.:
Multiple dietary necrotic degeneration in the mouse.
Experientia 14, 28 - 20 (1958)

8) Douglass, J.S., Morris, V.C., Soares, J.J.jr. and Levander,O.A.:
Nutritional availability to rats of selenium in tuna, beef kidney and wheat.
J. Nutr. 12, 2180 - 2187 (1981)

9) Fleming, G.A. and Walsh, T.:
Selenium occurence in certain Irish soils and its toxic effect on animals.
Roy. Irish Acad. Proc. 58, Sec. b. 7, 151- 165 (1957)

10) Ferretti, R.J. and Levander, O.A.:
Effectof milling and processing on the selenium content of grains and cereal products.
J.Agr. Food Chem. 22, 1049 (1974)

11) Ferretti, R.J. and Levander, O.A.:
Selenium content of soybean foods.
J. Agr. Food Chem. 24, 54 (1976)

12) Food and Nutrition Board, 1980. Recommended Dietary Allowances
Ninth Revised Edition.
National academy of Sciences, Washington D.C.

13) Ganapathy, S.N. and Dhanda, R.:
Selenium content of omnivorous and vegetarian diets.
Ind. J. Nutr. Dietet. 17, 53 - 59 (1980)

14) Gibson, R.S., De Wolfe, M.A.:
The dietary trace metal intake of some Canadian full-term and low birthweight infants during the first twelve months of infancy.
J. Canad. Diet. Ass. 41 - 3, 206 - 215 (1980)

15) Griffiths, N.M.:
Dietary intake and urinary excretion of selenium by some New Zealand women.
Proc. Univ. Otago Med. School 51, 8 (1973)

16) Hadjimarkos, D.M. and Bonhorst, C.W.:
Selenium content of eggs, milk and water in relation to dental caries in children.
J. Pediat. 59, 256 - 259 (1961)

17) Hafemann, D.G., Sunde, R.A. and Hoekstra, W.G.:
Effect of dietary selenium on erythrocyte and liver glutathionperoxidase in the rat.
J. Nutr. 104, 580 - 587 (1974)

18) Higgs, D.J., Morris, V.C. and Levander, O.A.:
Effect of cooking on selenium content of foods.
J. Agr. Food Chem. 20 - 3, 678 - 680 (1972)

19) Hoekstra, W.G.:
Biochemical function of selenium and its relation to vitamin E
Fed. Proc., Fed. Am. Soc. Exp. Biol. 34, 2083 - 2089 (1975)

20) Hofsommer, H.J. and Bielig, H.J.:
Die Bedeutung des Selens und dessen analytische Erfassung in Obst- und Gemüseprodukten.
Deut. Lebensm. Rundschau 76, 12, 419 - 426 (1980)

21) Kasparek, K.:
Analytical techniques for the determination of 20 trace elements in biological samples by means of instrumental thermal neutron aktivation alalysis.
In: Proc. of the 2nd internat. conf. on nuclear methods in environmental research. U.S. Energy research and development administration, Conf. 740, 701 (1974)

Kolar, K.:
Untersuchung über den Selengehalt in Fleisch, Leber und Niere von Schwein, Rind und Kalb.
Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 68, 259 - 266 (1977)

24) Levander, O.A.:
Selenium and chromium in human nutrition.
J. Amer. Diet. Ass. 66, 338 (1975)

25) Levander, O.A.:
Selenium in foods. In: Procedings of the symposium on selenium - tellurium in the environment.
Industrial Health Foundation, Inc. Pittsburgh. 26-53 (1976)

26) Lombeck, I., Kasparek, K., Harbisch, H.D., Becker, K., Schumann, E., Schröter, W., Feinendegen, L.E. and Bremer, H.J.:
The selenium state of children. II. Selenium content of serum, whole blood, hair and the activity of erythrocyte glutathione peroxidase in dietetically treated patients with Phenylketonuria and Maple-Syrup-Urine disease.
Eur. J. Pediatr. 128, 213 - 223 (1978)

27) Lombeck, I., Kasparek, Z., Bonnermann, B., Feinendegen, L.E. and Bremer, H.J.:
Selenium content of human milk, cow's milk and cow's milk infant formulas.
Eur. J. Pediatr. 129, 139 - 145 (1978)

28) Mahaffey, K.R., Corneliussen, P.E., Jelinek, C.F. and Fiorino, J.:
Heavy metal exposure from foods.
Environ. Health Perspect. 12, 63 - 69 (1975)

29) Modragon, M.C. and Jaffé, W.G.:
The ingestion of selenium in Caracas compared with some other cities.
Arch. Latinoamer. Nutr. 26, 341 (1976)

30) Morris, V.C. and Levander, O.A.:
Selenium content of foods.
J. Nutr. 100, 1383 - 1388 (1970)

31) Noda, K., Hiroi, S. and Danbara, H.:
Selenium contents of Japanese foodstuff by neutron activition analysis.
J. Jap. Soc. Food Nutr. Tokyo 33, 93-99 (1980)

32) Oelschläger, W. and Menke, K.H.:
Selenium content of plants, animals and other substances.
II. Selenium and sulfur contents of foods.
Z. Ernährungswiss. 9, 216- 222 (1969)

33) Pringle, P.:
Occupational dermatitis following exposure to inorganic selenium compounds.
Brit. J. Dermatol. Syphilis 54, 54 - 58 (1942)

34) van Rij, A.M., Thomson, C.D., Mc Kenzie, J.M. and Robinson, M.F:
Selenium deficiency in total parenteral nutrition.
Am. J. Clin. Nutr. 32, 2076 - 2085 (1979)

35) Rosenfeld, I. and Beath, O.A.:
Geological distribution of selenium.
In: Selenium, Geobotany, Biochemistry, Toxicity and Nutrition.
Acad. Press, New York and London, 9 - 60 (1964)

36) Rosenfeld, I. and Beath, O.A.:
Selenium indicator plants.
In: Selenium, Geobotany, Biochemistry, Toxicity and Nutrition.
Acad. Press, New York and London, 61 - 89 (1964)

37) Rosenfeld, I. and Beath, O.A.:
Selenium poisoning in animals.
In: Selenium, Geobotany, Biochemistry, Toxicity and Nutrition.
Acad. Press, New York and London, 141 - 226 (1964)

38) Rossi, L.C., Clemente, G.F. and Santaroni, G.:
Mercury and selenium distribution in an defined area and its population.
Arch. Environ. Health 31, 160 - 165 (1976)

39) Rotruck, J.T., Pope, A.L., Ganther, H.E., Swanson, A.B., Hafeman, D.G. and Hoekstra, W.G.:
Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase.
Science 179, 588 - 590 (1973)

40) Sakurai, H. and Tsuchija, K.:
A tentative recommendation for the maximum daily intake of selenium.
Environ. Physiol. Biochem. 5, 107-118 (1975)

41) Schlettwein-Gsell, D.:
Übersicht: Spurenelemente in Lebensmitteln. VIII. Selen
Internat. Z. Vit. Ern.-Forschung 42, 129 - 139 (1972)

42) Schrautzer, G.N.:
Selenium and cancer.
Chem. Scripta 8 A, 108 (1975)

43) Schrauzer, G.N., White, D.A. and Schneider, C.J.:
Cancer mortality correlation studies. III. Statistical association with dietary selenium intakes.
Bioinorg. Chem. 7, 23 - 34 (1977)

44) Schroeder, H.A., Frost, D.V. and Balassa, J.J.:
Essential trace elements in man: Selenium.
J. Chronic. Dis. 23, 227 - 243 (1970)

45) Schubert, J.R., Muth, O.H., Oldfield, J.E. and Remmert, L.F.:
Experimental results with selenium in white muscle disease of Lambs and calves.
Fed. Proc. 20, 689 - 695 (1961)

46) Schwarz, K., Bieri, J.G., Briggs, G.M. and Scott, L.M.:
Prevention of exsudative diathesis in chicks by factor 3 and selenium.
Proc. Soc. Expt. Biol. Med. 95, 620 - 625 (1957)

47) Schwarz, K. and Foltz, C.M.:
Selenium as an integral part of factor 3 activity against dietary necrotic liver degeneration.
J. Amer. Chem. Soc. 79, 3292 (1957)

48) Schwarz, K.:
Role of vitamin E, selenium and related factors in experimental nutritional liver disease.
Fed. Proc. Amer. Soc. Exp. Biol. 24, 58 - 67 (1965)

49) Shamberger, R.J. and Frost, D.V.:
Possible protective effect of selenium against human cancer.
Can. Med. Ass. J. 100, 682 (1969)

50) Shearer, T.R. and Hajimarkos, D.M.:
Geographic distribution of selenium in human milk.
Arch. Environ. Health 30, 230 - 233 (1975)

51) Shorman, G.A.M.:
Deficiencies of vitamin E and selenium as factors limiting the intensification of sheep production.
Acta Agr. Scand., Suppl. 19, 181 - 183 (1973)

52) Slater, C.S., Homes, R.S. and Byers, H.G.:
Trace elements in the soils from the erosion experiment stations, with supplementary data on other soils.
U.S. Dept. Agr. Techn. Bull. 552 (1937)

53) Stewart, R.D.H., Griffiths, N.M., Thompson, C.D. and Robinson, M.M.F.:
Quantitative selenium metabolism in normal New Zealand women.
Brit. J. Nutr. 40, 45 (1978)

54) Stolley, H., Kersting, M. and Droese, W.:
Ernährungsrichtlinien für Kinder.
Fortschr. Med. 42, 1736 - 1746 (1981)

55) Svensson, S.A.:
Spurenelemente und deren Aufgabe im Tierkörper.
Foderjournalen 3/4, 67 - 75 (1974)

56) Suchkov, B.P.:
Selenium content in the basic food products of the population of the Ukrainian SSR.
Vop. Pitan. 30, 75 (1971)

57) Suzuki, S., Koizumi, S., Harada, H., Ho, K. and Totani, T.:
Hygienic chemical studies on harmful elements (II). Selenium content of foods, soil and water.
Annual Report of Tokyo Metropolitan Research Laboratory of Public Health 22, 153 (1970)

58) Thompson, J.N. and Scott, M.L.:
Role of Selenium in the nutrition of the chick.
J. Nutr. 97, 335 - 342 (1969)

59) Thompson, J.N., Erddy, P. and Smith, D.C.:
The selenium content of food consumed by Canadians.
J. Nutr. 105, 247 - 277 (1975)

60) Thorn, J., Robertson, J., Buss, D.H. and Bunton, N.G.:
Trace nutrients. Selenium in British food.
Br. J. Nutr. 39, 391 - 396 (1978)

61) Underwood, E.J.:
Trace elements in human and animal nutrition, 3rd. ed.
Acad. Press New York 323 - 368 (1971)

62) Watkinson, J.H.:
The selenium status of New Zealanders.
N.Z. Med. J. 80, 202 (1974)

63) Watt, B.K. and Merrill, A.L.:
Composition of foods.
USDA Handbook No. 8, U.S. Government Printing Office,
Washington, D.C. (1963)

64) Zabel, N.L., Harland. J., Gormican, A.T. and Ganther, H.E.:
Selenium content of commercial formula diets.
Am J. Clin. Nutr. 31, 850 - 857 (1978)

LEBENSLAUF

Am 4.9.57 wurde ich als Sohn der Waltraut Ebert in Elze (Kreis Peine) geboren.

Von 1964 bis 1967 besuchte ich die Paulusschule in Haselünne, danach die Realschule in Haselünne, die ich 1973 mit der mittleren Reife abschloß. Anschließend setzte ich meine Schulbildung am Neusprachlichen Gymnasium in Lingen/Ems fort. Dort legte ich am 13.5.1976 das Abitur ab.

Mit dem Wintersemester 1966/67 begann ich das Studium der Humanmedizin an der Ruhruniversität-Bochum, wo ich am 25.8.1978 die ärztliche Vorprüfung bestanden habe. Zum Wintersemester 1978/79 wechselte ich zur Universität Düsseldorf über. Den ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung bestand ich am 30.8.1979, den zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung bestand ich am 21.8.1981 in Düsseldorf.

In der Zeit vom 19.10.1981 bis zum 17.9.1982 absolviere ich das Praktische Jahr im Ev. Krankenhaus Bethesda zu Duisburg.

Düsseldorf, den 4.9.1982